

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC- 04 MAR 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 00 373.8

Anmeldetag: 6. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Dr.-Ing. Ulrich R o h s , 52351 Düren/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betrieb eines Reibgetriebes
sowie Reibgetriebe

IPC: F 16 H 15/42

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierżo

Best Available Copy

Liermann-Castell P01731QLC



27

Zusammenfassung

- Ein Reibgetriebe weist eine zweiteilige Anpresseinrichtung auf, so dass beide Anpressteileinrichtungen vorzugsweise Drehmoment-Anpresskraft-Kennlinien mit konstanter Steigung haben können und die Gesamtkennlinie
- 5 dennoch eine veränderliche Steigung aufweist. Hierdurch kann eine verhältnismäßig toleranzunempfindliche Anordnung mit einer sehr vorteilhaften Kennlinie ausgelegt werden.

Verfahren zum Betrieb eines Reibgetriebes sowie Reibgetriebe

Die Erfindung betrifft einerseits ein Verfahren zum Betrieb eines Reibgetriebes und andererseits ein Reibgetriebe selbst.

Insbesondere betrifft die Erfindung das Gebiet der Kegelreibringgetriebe, wie es beispielsweise aus der EP 0 878 641 A1 bzw. aus der EP 0 980 993 A2 bekannt ist. Hierbei werden zwei achsparallele Kegelreibräder derart gelagert, dass zwischen diesen ein konstanter Spalt verbleibt, in welchem ein mit beiden Kegelreibrädern in Kontakt stehender Reibring eines der Kegelreibräder umgreifend verlagerbar ist. Auf diese Weise kann ein stufenlos einstellbares Getriebe bereitgestellt werden.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung jedoch auch alle anderen Reibgetriebe, bei welchen wenigstens ein Eingangsglied und wenigstens ein Ausgangsglied reibend miteinander wechselwirken. In vorliegendem Zusammenhang umfasst der Begriff „reibend“ jede nicht formschlüssige Wechselwirkung zwischen zwei umlaufenden Getriebegliedern, wobei vorzugsweise bei zu hohen Drehmomenten ein zerstörungsfreier Schlupf zwischen den beiden Getriebegliedern auftreten kann. Insbesondere umfasst dieser Begriff auch eine Wechselwirkung, die durch hydrostatische bzw. hydrodynamische bzw. elektrostatische, elektrodynamische oder magnetische Kräfte zwischen den beiden Getriebegliedern wirkt. Vorliegende Erfindung umfasst somit insbe-

Liermann-Castell P01731QLC

2

sondere auch Reibgetriebe, bei welchen zwischen den eigentlichen mechanischen Getriebegliedern ein mit einem Fluid, wie beispielsweise einem Gas oder einer Flüssigkeit, gefüllter Spalt verbleibt und die Geschwindigkeiten, die Spaltbreiten, die Drücke und ähnliches derart dimensioniert sind, dass
5 dieses Fluid beispielsweise durch Scherkräfte eine Wechselwirkung zwischen den beiden Getriebegliedern bedingt.

Insofern betrifft vorliegende Erfindung auch Reibgetriebe, bei welchen zwischen den beiden Getriebegliedern ein die Wechselwirkung vermittelndes Medium bzw. mehrere derartiger Medien, wie Fluide oder aber ein weiteres
10 Getriebeglied, vorgesehen sind.

Bei all diesen Anordnungen wird die Wechselwirkung zwischen den beiden Getriebegliedern zu einem verhältnismäßig großen Teil von den Kräften beherrscht, die auf die jeweilige wechselwirkende Fläche der Getriebeglieder wirken. Wie beispielsweise aus der EP 0 878 641 A1 bzw. aus der EP 0 980
15 993 A2 bekannt, können hierzu die beiden Getriebeglieder in geeigneter Weise verspannt sein, was beispielsweise durch geeignete Lager gewährleistet werden kann. Des Weiteren können, wie einzelne Ausführungsbeispiele in diesen Druckschriften darstellen, Anpresseinrichtungen vorgesehen sein, die über eine bestimmte Grundlast hinausgehend variable Anpresskräfte in
20 Abhängigkeit vom Ausgangsdrehmoment bereitstellen, so dass bei hohen Ausgangsdrehmomenten auch hohe Anpresskräfte erzeugt werden können, wodurch das übertragbare Drehmoment des Reibgetriebes entsprechend erhöht werden kann. Derartige Anordnungen führen jedoch zu verhältnismäßig

Liermann-Castell P01731QLC

3

hohen Verlusten bei derartigen Reibgetrieben, wodurch deren Wirtschaftlichkeit in Frage gestellt wird.

Es ist daher Aufgabe vorliegender Erfindung, die Wirtschaftlichkeit beim Betrieb eines Reibringgetriebes zu erhöhen.

- 5 Als Lösung schlägt die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Reibgetriebes mit wenigstens einem Eingangsglied und wenigstens einem Ausgangsglied, die mittels einer Anpresseeinrichtung gegeneinander gepresst werden, vor, welches sich dadurch auszeichnet, dass die Anpresseeinrichtung mit einer Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie betrieben wird, die zwischen einem Ruhezustand des Reibgetriebes und einem ersten Betriebszustand eine andere mittlere Steigung als zwischen dem ersten Betriebszustand und einem zweiten Betriebszustand hat. Ebenso schlägt die Erfindung ein Reibgetriebe mit wenigstens zwei Betriebszuständen vor, bei welchem wenigstens ein Eingangsglied und wenigstens ein Ausgangsglied mittels wenigstens einer Anpresseeinrichtung mit einer in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand variierenden Anpresskraft gegeneinander gepresst werden und welches sich durch eine Anpresseeinrichtung mit der bereits vorstehend beschriebenen Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie auszeichnet.
- 10
- 15

- 20 Wie bereits einleitend erläutert, brauchen Eingangsglied und Ausgangsglied nicht unmittelbar verbunden sein, vielmehr ist es auch denkbar, das mitteln- de Getriebeglieder bzw. die Reibverbindung mittelnde Maßnahmen, wie zusätzliche Fluide oder weitere Wechselwirkungsmechanismen, vorhanden sein können. Wegen der in einem Getriebe herrschenden Kräftegleichge-

wichte können Eingangsglied und Ausgangsglied auch vertauscht werden. Da jedoch häufig derartige Getriebe in einem komplexen Antriebsstrang zu finden sind, wird diese Differenzierung in der Regel beibehalten werden müssen. Es versteht sich im Übrigen, dass ein Gegeneinanderpressen der beiden Getriebeglieder auch durch versetzt gerichtete Freiheitsgrade dieser Getriebeglieder erfolgen kann, solange wenigstens eine Komponente der beim Ver- bzw. Anpressen genutzten Freiheitsgrade in geeigneter Weise auf die wechselwirkende Oberfläche eines entsprechenden Getriebegliedes gerichtet ist.

- 10 Erfindungsgemäße Reibringgetriebe können in verschiedenen Betriebszuständen sowie unter Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebszustandsarten betrieben werden. Derartige Betriebszustandsarten können beispielsweise Eingangs- bzw. Ausgangsdrehmomente, Drehzahlen, Kräfte bzw. Kraftverhältnisse, Drücke oder auch Temperaturen, Zeiten oder ähnliches sowie
- 15 hierzu proportionale Messgrößen sein. Während des Betriebs eines derartigen Reibgetriebes werden die jeweiligen Betriebszustandsarten in verschiedensten Betriebszuständen genutzt, wobei – je nach konkreter Ausführungsform bzw. Umsetzung – einige Betriebszustandsarten von nur untergeordneter Bedeutung sind oder aber zu anderen, leicht messbaren Betriebszustandsarten proportional sind.

20 Eine derartige erfindungsgemäße Verfahrensführung lässt sich insbesondere mit einem, als zweite Lösung vorgeschlagenen, gattungsgemäßen Reibgetriebe realisieren, bei welchem die Anpresseinrichtung wenigstens zwei An-

Liermann-Castell P01731QLC

5

presseinheiten umfasst. Durch eine derartige, mindestens zwei Komponenten umfassende Anpresseeinrichtung kann die Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie mit verhältnismäßig einfachen Mitteln an gewünschte Erfordernisse angepasst werden. Dieses gilt insbesondere für die verschiedenen mittleren Steigungen der Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie, wie sie vorstehend beschrieben wurden. Diesbezüglich beschreibt der Begriff „mittlere Steigung“ zwischen zwei Betriebszuständen bzw. zwischen einem Betriebszustand und einem Ruhezustand einen Wert, der durch eine gemittelte Steigung bzw. durch eine gemittelte Gerade der ersten Ableitung in dem entsprechenden Intervall der Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie ermittelt ist. Durch die Steigungsänderung besteht die Möglichkeit, die Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie zumindest in zweierlei Hinsicht bezüglich der Notwendigkeiten im Antrieb zu optimieren. So kann zwischen den beiden Betriebszuständen für möglichst optimale Verhältnisse bezüglich der Antriebskraft in Abhängigkeit des jeweiligen konkreten Betriebszustands gesorgt werden, so dass die Anpresskraft in Bezug auf den momentanen Betriebszustand möglichst optimal gewählt ist. Hierdurch können bei optimaler Leistung des Reibgetriebes Verluste minimiert werden. Die Anpassung der Kennlinie zwischen ersten Betriebszustand und Ruhezustand ermöglicht hingegen einen direkten Übergang zwischen diesen beiden Zuständen, wodurch Grundlasten und somit Grundverluste darüber hinausgehend minimiert werden können. Es versteht sich hierbei, dass diese Maßnahme nicht zwingend allein zu einem optimalen Ergebnis führen muss, wobei dieses – je nach vorliegenden Randbedingungen – bereits der Fall sein kann. Der

Fachmann erhält jedoch durch vorliegende Erfindung eine Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit derartiger Reibgetriebe zu verbessern. Er wird hierbei gegebenenfalls einen Kompromiss zwischen weiteren, leistungssteigernden Maßnahmen und – gegebenenfalls – höheren Kosten eingehen.

- 5 Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die beiden Anpresseinheiten als Bestandteil der Anpresseinrichtung unterschiedliche Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinien aufweisen. Durch Kombination der beiden Kennlinien kann die Gesamtkennlinie der Anpresseinrichtung übersichtlich und in nachvollziehbarer Weise entsprechend angepasst werden.
- 10 Vorzugsweise können die beiden Anpresseinheiten im ersten Betriebszustand jeweils einen ersten Beitrag zur Anpresskraft erbringen und im zweiten Betriebszustand jeweils einen zweiten Beitrag zur Anpresskraft erbringen, wobei die Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der ersten Anpresseinrichtung von der Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der zweiten Anpresseinrichtung abweicht. Auf diese Weise wird ein System
- 15 bereitgestellt, bei welchem die jeweiligen Anpresseinheiten in den jeweiligen Betriebszuständen einen unterschiedlichen Beitrag zur gesamten Anpresskraft der Anpresseinrichtung leisten, wodurch die Kennlinie der gesamten Anpresseinrichtung auf konstruktiv einfache Weise beeinflusst werden
- 20 kann.

Die beiden Anpresseinheiten können hierbei, unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung, bezüglich der Betriebszustandsermittlung und/oder Anpresskraft parallel oder in Reihe wirkend ausgebildet sein.

Hierdurch sowie durch geeignete Übersetzungsverhältnisse bei einer entsprechenden Kopplung kann die Gesamtkennlinie der Anpresseeinrichtung ohne Weiteres an die bestehenden Erfordernisse angepasst werden.

- 5 Zwar ist es durch geeignete Kurvenbahnen oder ähnliche Maßnahmen möglich, eine Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie für eine derartige Anpresseeinrichtung in verhältnismäßig weiten Grenzen anzupassen. Dieses hat jedoch in der Regel den Nachteil, dass externe Einflüsse, wie Toleranzen, Spiel, thermische Expansion oder ähnliches, eine Verlagerung auf der Kennlinie bewirken, so dass diese Kennlinie nicht mehr korrekt in Abhängigkeit von dem entsprechenden Betriebszustand durchlaufen wird. Insbesondere in diesen Fällen ist daher nicht mehr gewährleistet, dass eine Betriebszustandsänderung auch die gewünschte Änderung der Anpresskraft bedingt. Aus diesem Grunde wird vorliegend – auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung – vorgeschlagen, dass wenigstens eine Anpresse-
- 10 einheit, vorzugsweise beide oder alle Anpresseeinheiten, eine Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie mit einer im Wesentlichen konstanten Steigung aufweisen. Eine derartige Anordnung ist verhältnismäßig unempfindlich gegen Toleranzprobleme bzw. die vorgenannten Störungen, da bei jeder Anpresse-
- 15 einheit, die entsprechend ausgelegt ist, eine externe Störung insofern keine Relevanz aufweist, als dass eine Änderung des Betriebszustandes wegen der konstanten Steigung der jeweiligen Kennlinie unabhängig von derartigen Störungen die gleiche Änderung der entsprechend Anpresskraft bedingt. Insofern ist eine derartige Lösung insbesondere dann von Vorteil, wenn Reib-
- 20 getriebe mit Anpresseeinrichtungen, deren Gesamtkennlinie von einer Gera-

den abweicht, Verwendung finden. In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass der Begriff „im Wesentlichen konstante Steigung“ auf die ansonsten im System ohnehin vorhandenen Toleranzen sowie auf die übrigen Genauigkeitsanforderungen in dem Gesamtantriebsstrang zu sehen ist, so dass diesbezüglich der Begriff der „Konstanz“ einer Steigung nicht enger als dieses die Gesamtgenauigkeit bzw. Gesamttoleranz des Systems erfordert, anzusetzen ist.

Vorzugsweise sind die Anpresseeinheiten miteinander gekoppelt, wobei die Kopplung mechanisch bzw. hydrodynamisch oder hydrostatisch ausgebildet sein kann. Dieses gilt insbesondere auch für den Fall, dass die Anpresseeinheiten getrennt jeweils an einem Getriebeglied vorgesehen sind. Insbesondere bei einer eingangsseitig vorgesehenen Anpresseinrichtung bzw. Anpresseinheit besteht die Möglichkeit, eine Eingangslast zu berücksichtigen, wobei dieses insbesondere dadurch geschehen kann, dass bei Teillasten die Anpresskraft reduziert wird, wodurch die Gesamtverluste des Reibringgetriebes reduziert werden können, so dass eine derartige, antriebsseitig vorgesehene Anpresseinrichtung bzw. Anpresseinheit auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung vorteilhaft ist.

Durch die Kopplung der eingangsseitigen Anpresseinheit mit einer ausgangsseitigen Anpresseinheit wird es darüber hinaus möglich, bei optimalen Volllastverhalten die Anpresskraft unter Teillast zu reduzieren, so dass die Gesamtverluste minimiert werden können.

Liermann-Castell P01731QLC

Als Betriebszustandsart können verschiedene Parameter des jeweiligen Reibgetriebes genutzt werden. Dieses können insbesondere ein Eingangsdrehmoment, ein Ausgangsdrehmoment, die Gesamtlast, auftretende Kräfte oder andere bereits vorstehend erwähnte Parameter sein.

- 5 Besonders vorteilhaft ist die Überprüfung des Ausgangs- und/oder des Eingangsdrehmomentes sowie – gegebenenfalls – der Gesamtlast, da hieraus unmittelbar Informationen über die an der Reibverbindung der beiden Getriebeglieder auftretenden bzw. benötigten Kräfte gewonnen werden können.

- 10 Dementsprechend ist es vorteilhaft, wenn für den Vergleich der mittleren Steigung zwischen Ruhezustand und ersten Betriebszustand bzw. ersten Betriebszustand und zweiten Betriebszustand der erste Betriebszustand das niedrigste, unter Volllast erwartete Drehmoment und der zweite Betriebszustand das höchste, unter Volllast erwartete Drehmoment ist. Dementsprechend kann für eine geeignete Dimensionierung der Kennlinie die notwendige Anpresskraft für das niedrigste, unter Volllast erwartete Drehmoment und
- 15 für das höchste, unter Volllast erwartete Drehmoment ermittelt werden, so dass die entsprechende Kennlinie unmittelbar als Gerade zwischen diesen beiden Punkten ausgebildet werden kann.

- 20 Der Vorteil einer Geraden als Kennlinie wurde bereits vorstehend detailliert erläutert. Ebenso kann zwischen Ruhezustand bzw. der minimal erforderlichen Anpresskraft, damit das Getriebe anfahrssicher nicht schlupft und/oder nicht klappert, und der notwendigen Anpresskraft beim niedrigsten unter Volllast erwarteten Drehmoment eine Gerade gelegt werden, so dass auch

hier die Toleranzunempfindlichkeit bei der Verwendung von Kennlinien mit konstanter Steigung genutzt werden kann. Diese Kennlinienwahl hat den großen Vorteil, dass eine Grundlast auf das zwingend notwendige Minimum beschränkt ist, so dass auch diesbezüglich der Wirkungsgrad eines derartigen Reibgetriebes optimiert ist.

Es kann vorteilhaft sein, dass die beiden Anpresseinheiten hinsichtlich ihrer jeweiligen Anpresskraft, bzw. hinsichtlich ihres Beitrags zur Gesamtanpresskraft der Anpresseinrichtung durch verschiedene Betriebszustandsarten variiert werden. So kann diesbezüglich eine Anpresseinheit beispielsweise hinsichtlich des Eingangs Drehmoments bzw. der Gesamtlast und eine Anpresseinheit hinsichtlich des Ausgangs Drehmoments in ihrer Anpresskraft variiert werden. Auf diese Weise kann das Gesamtverhalten des Reibgetriebes in einer großen Bandbreite an die gegebenen Erfordernisse angepasst werden, so dass es insbesondere hinsichtlich seines Wirkungsgrades optimiert werden kann.

Weitere Vorteile, Eigenschaften und Ziele vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 ein erstes erfindungsgemäßes Reibgetriebe in schematischer Schnittdarstellung;

Figur 2 einen schematischen Ausschnitt aus Figur 1;

Liermann-Castell P01731QLC

11

- Figur 3 die Kennlinie der inneren Kugeleinheit der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- Figur 4 die Kennlinie der äußeren Kugeleinheit der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- 5 Figur 5 die Kennlinie der gesamten Anpresseinheit der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- Figur 6 eine alternative Kennlinie der inneren Kugeleinheit der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- Figur 7 eine an die Kennlinie nach Figur 6 angepasste Kennlinie der äußeren Kugeleinheit der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- 10 Figur 8 die Kennlinie der gesamten Anpresseinheit unter Berücksichtigung der Kennlinien nach Figuren 6 und 7 der Anordnung nach Figuren 1 und 2;
- Figur 9 eine mögliche Kennlinie einer Anpresseinrichtung;
- 15 Figur 10 eine weitere mögliche Kennlinie einer Anpresseinrichtung;
- Figur 11 eine besonders vorteilhafte Kennliniengestaltung;
- Figur 12 ein zweites erfindungsgemäßes Reibgetriebe in schematischer Schnittdarstellung;

Liermann-Castell P01731QLC

12

- Figur 13 die Kennlinie der Eingangsanpresseinheit der Anordnung nach Figur 12;
- Figur 14 die Kennlinie der Ausgangsanpresseinheit der Anordnung nach Figur 12;
- 5 Figur 15 die Kennlinie der gesamten Anpresseinheit der Anordnung nach Figur 12;
- Figur 16 ein drittes erfindungsgemäßes Reibgetriebe in schematischer Schnittdarstellung;
- Figur 17 ein viertes erfindungsgemäßes Reibgetriebe in schematischer Schnittdarstellung;
- 10 Figur 18 die Kennlinie der Eingangsanpresseinheit der Anordnungen nach Figur 16 und 17;
- Figur 19 die Kennlinie der Ausgangsanpresseinheit der Anordnungen nach Figuren 16 und 17 und
- 15 Figur 20 die Kennlinie der gesamten Anpresseinrichtung der Anordnungen nach Figuren 16 und 17.
- Das in Figuren 1 bis 8 dargestellte und einschließlich seiner Kennlinien erläuterte Reibgetriebe weist einen Eingangskegel 1 und einen Ausgangskegel 2 auf, die über einen verstellbaren Reibring 3 miteinander wechselwirken.
- 20 Hierbei ist der Eingangskegel 1 mit einer Antriebswelle 4 und der Aus-

Liermann-Castell P01731QLC

13

gangskegel 2 mit einer Abtriebswelle 5 wirkverbunden. Die Kegel 1, 2 sind bei diesem Ausführungsbeispiel in radialer Richtung durch Zylinderrollenlager 6 (lediglich in Figur 1 schematisch dargestellt) gelagert. Darüber hinaus sind die Kegel 1, 2 in axialer Richtung bei diesem Ausführungsbeispiel durch Axial-Zylinderrollenlager 7 gegeneinander verspannt, so dass die notwendigen Anpresskräfte aufgebracht werden können, damit Drehmoment über den Reibring 3 von dem Eingangskegel auf den Ausgangskegel 2 und umgekehrt übertragen werden kann.

10 Zur Verspannung bzw. zum Erzeugen der notwendigen Anpresskräfte ist darüber hinaus zwischen der Abtriebswelle 5 und dem Ausgangskegel 2 eine Anpresseinrichtung 8 vorgesehen, während bei diesem Ausführungsbeispiel die Eingangswelle 4 unmittelbar mit dem Eingangskegel 1 verbunden ist. Die Anpresseinrichtung 8 ist in der Lage, den axialen Abstand zwischen dem Eingangskegel 2 und dem Axial-Zylinderrollenlager 7 an der Ausgangswelle 5 zu variieren bzw. – in verspannten Zustand – bedingt durch
15 eine Federanordnung 9 entsprechend variierende Anpresskräfte zu erzeugen.

Es versteht sich, dass statt der Lager 6 und 7 auch andere Lageranordnungen, wie Axial-Schräggugellager, Axial-Pendelrollenlager, Axial-Rillenkugellager, Kegelrollenlager oder ähnliche Lager bzw. Lagerarten miteinander kombiniert werden können, um die Kegel 1, 2 einerseits radial und
20 andererseits ausreichend axial verspannt zu lagern. Ebenso können beispielsweise hydrodynamische oder hydrostatische Lager zur Anwendung kommen.

Im Betrieb kann der Reibring in an dieser Stelle nicht näher erläuteter, aber bekannter Art und Weise verstellt und auf diese Weise das Übersetzungsverhältnis gewählt werden. Es versteht sich, dass im Betrieb die Gesamtanordnung insbesondere unterschiedlichen Drehmomenten unterliegt. Da es sich bei der Wirkverbindung zwischen den beiden Kegeln 1, 2 um eine Reibverbindung handelt, sind vorzugsweise die Anpresskräfte ausreichend hoch zu wählen, damit kein Schlupf bzw. nur minimaler Schlupf an dem Reibring 3 auftritt. Andererseits würden unnötig hohe Anpresskräfte zu einer verhältnismäßig starken Grundlast führen, die wiederum dem Wirkungsgrad des Reibgetriebes beeinträchtigen würde. Aus diesem Grunde ist bei vorliegenden Ausführungsbeispiel eine drehmomentabhängige Anpresskraftregelung gewählt, wobei jedoch die Anpresskraft jedoch auch von anderen Betriebszuständen abhängig gewählt werden kann. Wie unmittelbar aus Figuren 1 und 2 ersichtlich, wird für die Anpresskraftregelung das Ausgangsdrehmoment als Stellgröße gewählt, wobei auch andere Betriebszustandsarten, wie beispielsweise die Gesamtlast oder das Eingangsdrehmoment diesbezüglich genutzt werden können, wie anhand der nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiele verdeutlicht werden wird.

Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel umfasst die Anpresseinrichtung 8 zwei hinsichtlich ihrer Drehmomentmessung parallel und hinsichtlich ihrer Anpresskraftwirkung in Reihe geschaltete Anpresseinheiten 10 und 11, die jeweils durch innere Kugeln 12 bzw. äußere Kugeln 13 (siehe Figur 2) repräsentiert werden. Die Kugeln 12, 13 laufen jeweils in Kugelbahnen, die in kegel- bzw. wellenseitigen Anpressplatten 14, 15 und 16 vorgesehen sind.

Liermann-Castell P01731QLC

15

- Hierbei sind bei diesem Ausführungsbeispiel die wellenseitigen Anpressplatten 14 und 15 drehfest bezüglich der Abtriebswelle 5 angeordnet, während die kegelseitige Anpressplatte 16 drehfest bezüglich des Abtriebskegels 2 angeordnet ist. Andererseits sind die Anpressplatten 14, 15, 16 über entsprechende Gleitlager 17, 18, 19 axial verlagerbar an diesen jeweiligen Bau-
- 5 gruppen gelagert. Während somit ein Drehmoment von dem Abtriebskegel 2 über das Lager 19 auf die Anpressplatte 16, von dort über die Kugeln 12, 13 sowie über die Anpressplatte 15 und das Lager 18 auf die Anpressplatte 14 und von der Anpressplatte 14 über das Lager 17 auf die Abtriebswelle 5 übertragen wird, können sich die Anpressplatten 14, 15, 16 axial gegen die
- 10 Federkraft der Federanordnungen 9 und gegen ein Anpresslager 20, welches über ein Axial-Zylinderrollenlager 21 und eine Lagerplatte 22 an dem Abtriebskegel 2 abgestützt ist, verlagern und auf diese Weise in Abhängigkeit von den Kurvenbahnen eine drehmomentabhängige Anpresskraft erzeugen.
- 15 Diesbezüglich zeigen Figuren 1 und 2 im oberen Randbereich der Anpress-einrichtung 8 die Anordnung bei niedrigem Drehmoment, während der untere Bereich die Anordnung bei hohem Drehmoment darstellt, wobei im unteren Bereich erkennbar ist, dass die Anpressplatte 16 bei höheren Drehmomenten an einer Schulter 23 des Abtriebskegels 2 anliegt, so dass auf diese
- 20 Weise die Kennlinie der Gesamtanordnung ohne Weiteres drehmomentabhängig beeinflusst werden kann.

Die Kugelbahnen können beispielsweise derart ausgestaltet werden, dass die in Figuren 3 und 4 dargestellten Kennlinien resultieren. Wegen der drehmomentbezogenen Parallelschaltung folgt hieraus die in Figur 5 dargestellte

Kennlinie, wobei wegen der Parallelschaltung hinsichtlich des Drehmoments die Momente addiert und wegen der Reihenschaltung hinsichtlich der axialen Anpresskraft die Anpresskraft bei beiden Anpresseinheiten identisch ist. Mit Erreichen der Schulter 23 trägt lediglich die äußere Anpresseinheit 11 mit ihrer Kennlinie zur Gesamtkennlinie bei.

Eine andere Kennliniengestaltung zeigen Figuren 6 bis 8, wobei durch die negative Steigung bei der inneren Anpresseinheit eine besonders wünschenswerte Gesamtkennlinie (Figur 8) resultiert.

Wie unmittelbar aus den Figuren 3 bis 8 ersichtlich, weisen bei vorliegenden Ausführungsbeispielen die Anpresseinheiten eine Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie bzw. eine Drehmoment-Anpresskraft-Kennlinie mit einer im Wesentlichen konstanten Steigung auf. Durch die Verwendung zweier Anpresseinheiten lässt sich trotz dieser im Wesentlichen konstanten Steigungen eine an die jeweiligen Erfordernisse angepasste Kennlinie realisieren. Dieses ist unter anderem dadurch möglich, dass die beiden Anpresseinheiten 10, 11 bei einem ersten Drehmoment jeweils einen ersten Beitrag zur Anpresskraft erbringen und bei einem zweiten Drehmoment jeweils einen zweiten Beitrag zur Anpresskraft erbringen, wobei die Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der ersten Anpresseinrichtung von der Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der zweiten Anpresseinrichtung 11 abweicht.

In der Regel werden Reibgetriebe in einem bestimmten Betriebsintervall bezüglich verschiedener Betriebszustandsarten betrieben. Hinsichtlich der Anpresskraft ergibt sich hierbei in der Regel die Anforderung, dass am unteren

- Ende dieses Intervalls eine bestimmte erste Anpresskraft und am oberen Ende dieses Intervalls eine höhere Anpresskraft vorliegen soll. Um hinsichtlich eventueller Toleranzen keine Probleme zu bekommen, kann es vorteilhaft sein, im Betriebsintervall eine konstante Steigung der Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie zwischen diesen beiden Punkten vorzusehen. Unter diesen Voraussetzungen kann mit einer lediglich eine Anpresseinheit umfassenden Anpresseinrichtung beispielsweise die in Figur 9 dargestellte Kennlinie umgesetzt werden, auch wenn das Betriebsintervall lediglich zwischen 50 Nm und 350 Nm liegt. Dieses hat jedoch zur Folge, dass in dem System eine erhebliche Grundlast verbleibt, welche den Wirkungsgrad nennenswert reduziert. Diesem lässt sich beispielsweise dadurch begegnen, dass die Kurvenbahn eine veränderliche Steigung erhält, wie dieses in Figur 10 dargestellt ist. Hierbei weist die Kennlinie vorzugsweise im Betriebsbereich zwischen 50 Nm und 350 Nm eine im Wesentliche konstante Steigung und fällt unterhalb des Betriebsbereiches auf eine Anpresskraft in der Nähe von 0 N, insbesondere unter 1 N, im Ruhezustand (0 Nm) ab. Auf diese Weise wird die Grundlast im Gesamtsystem erheblich reduziert, wodurch der Gesamtwirkungsgrad gesteigert werden kann. Eine veränderliche Steigung der Kurvenbahn bei einer Anpresseinheit birgt jedoch Toleranzprobleme in sich, was vorliegende Erfindung durch Verwendung wenigstens zweier Anpress-einheiten, wie bereits vorstehend beschrieben.

Vorzugsweise schlägt die Erfindung vor, dass, wie insbesondere in Figuren 10 und 11 dargestellt, die Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie in einem Betriebsbereich (vergl. 50 Nm bis 350 Nm in Figur 10 bzw. 11) eine gerin-

gere mittlere Steigung aufweist, als unterhalb dieses Betriebsbereiches. Hierdurch lässt sich die Grundlast des Gesamtsystems erniedrigen, wodurch der Wirkungsgrad steigt. Andererseits sind auch Anordnungen denkbar, die eine Kennlinie ähnlich der in Figur 5 dargestellten Kennlinie mit einem Betriebsbereich zwischen 100 Nm und 350 Nm wünschenswert erscheinen lassen. Auch eine derartige Kennlinie lässt sich insbesondere durch zwei Anpresseinheiten bei geringer Toleranzempfindlichkeit realisieren.

10 Um darüber hinaus Verluste in dem Gesamtsystem zu minimieren, kann es vorteilhaft sein, die Anpresskraft in Abhängigkeit von einem zweiten Betriebszustand, insbesondere beispielsweise von der Gesamtlast bzw. von einem Eingangsdrehmoment, zu reduzieren, wie dieses beispielsweise in Figur 11 dargestellt ist. Auf diese Weise lässt sich der Wirkungsgrad des Gesamtsystems weiter erhöhen.

15 Letzteres kann beispielsweise durch die in Figur 12 dargestellte Anordnung gewährleistet werden. Diese Anordnung entspricht im Wesentlichen der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Anordnung, wobei die Kegel bei dieser Anordnung, abgesehen von einer Lagerung durch die Zylinderrollenlager 6, in axialer Richtung durch Schrägkugellager 24 gelagert sind.

20 Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Anpresseinrichtung durch zwei Anpresseinheiten 25, 26 gebildet. Abweichend von der Ausgestaltung bei der Anordnung nach den Figuren 1 und 2 ist jedoch eine Anpresseinheit 25 am Ausgangskegel 2 und die andere Anpresseinheit 26 am Eingangskegel 1 angeordnet. Auf diese Weise kann die gesamte Anpresseinrichtung sowohl

das Eingangsmoment als auch das Ausgangsmoment unmittelbar ermitteln und in eine Anpresskraft überführen. Die Anpresseeinheiten 25, 26 weisen die Figuren 13 und 14 dargestellten Kennlinien auf. Hieraus resultiert die in Figur 15 dargestellte Kennlinie, die im Wesentlichen der Kennlinie der Ausgangsanpresseinheit 25 entspricht, jedoch bei niedrigen Momenten lastabhängig in eine Horizontale übergeht. Die Steigung der Kennlinie der Ausgangsanpresseinheit 25 ist dabei derart gewählt, dass diese Kennlinie die ideale Volllastkennlinie im Betriebsintervall schneidet, so dass bei hohen Ausgangsmomenten eine ausreichend hohe Anpresskraft resultiert. Die Gesamtanordnung ist darüber hinaus derart ausgelegt, dass bei Volllast auch im unteren Drehzahlbereich die ideale Volllastkennlinie nicht unterschritten wird. Bei Teillasten kann die ideale Volllastkennlinie lastabhängig unterschritten werden, so dass hierdurch die Gesamtlast im System weiter reduziert wird, obwohl ansich im Volllastbetrieb zu hohe Anpresskräfte bereitgestellt werden. Durch Wahl der Steigung der Kennlinie für die Ausgangsanpresseinheit 25 kann deren Schnittpunkt mit der idealen Volllastkennlinie verschoben werden, um auf diese Weise die Gesamtverluste zu minimieren. Wie unmittelbar aus Figur 15 ersichtlich, kann die Steigung der Kennlinie der Ausgangsanpresseinheit 25 nicht gleich der Steigung der idealen Volllastkennlinie im Betriebsbereich gewählt werden, da dann die Effekte durch die zweite Anpresseinheit 26 nicht zum Tragen kommen.

Letzteres ist andererseits bei einer Kopplung der beiden Anpresseinheiten 25 und 26 möglich, wie dieses anhand der Figuren 16 und 17 beispielhaft dargestellt ist. Auch diese Anordnungen entsprechen im Wesentlichen den An-

Liermann-Castell P01731QLC

20

ordnungen nach Figuren 1 und 2 bzw. 12, wobei identisch wirkende Baugruppen auch identisch bezeichnet sind.

Auch bei diesen Ausführungsformen sind die Anpresseinheiten 25, 26 jeweils in verschiedenen Getriebegliedern des Reibgetriebes angeordnet, wie dieses bereits bei der Ausführungsform nach Figur 12 der Fall ist. Hierbei umfassen die Anpresseinheiten 25, 26 jeweils Kugelanordnungen 27, 28, die sich jeweils auf Anpressplatten 29, 30 der Eingangswelle 4 bzw. der Ausgangswelle 5 abstützen. Andererseits stützen sich die Kugeln 28 an einer Anpressplatte 31 ab, die axial verlagerbar aber drehfest bezüglich des Eingangskegels 1 vorgesehen ist. Diese Anpressplatte dient gleichzeitig als Kolben für eine hydraulische Rückkopplung 32 mit einem Kolben 33, der seinerseits mit der Anpressplatte 30 verbunden ist. Bei der ausgangsseitigen Anpresseinheit 25 ist eine weitere Anpressplatte nicht vorgesehen, da die Kugeln 27 im Übrigen unmittelbar an dem Abtriebskegel 2 angeordnet sind, wobei diesbezüglich auch eine separate Anpressplatte zur Aufnahme der entsprechenden Kurvenbahnen vorgesehen sein kann.

Die hydraulische Rückkopplung 32 ist über Durchführungen 34, 35 in das Innere der Kegel 1, 2 geleitet, wobei statt einer derartigen hydraulischen Rückkopplung 32 auch ein mechanisches System 35 entsprechend der Anordnung nach Figur 17 vorgesehen sein kann, welches mit entsprechenden Platten 36, 37 der Anpresseinheiten 25, 26 wechselwirkt.

Eine derartige Kopplung ermöglicht es, die Ausgangsanpresseinheit 25 in ihrer Kennlinie exakt mit der Steigung der Idealkennlinie im Betriebsbereich

Liermann-Castell P01731QLC

21

(siehe beispielsweise Figur 11) zu wählen. Durch die Eingangsanpresseinheit 26 wird diese Kennlinie dann auf die gewünschte Höhe angehoben. Bei niedrigen Lasten erfolgt dementsprechend eine lastabhängige Absenkung, so dass die Gesamtanordnung der Idealkennlinie nach Figur 11 im Wesentlichen erfolgt, wie dieses aus Figur 20 ersichtlich ist.

5

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betrieb eines Reibgetriebes mit wenigstens einem Eingangsglied (1) und wenigstens einem Ausgangsglied (2), die mittels einer Anpresseinrichtung (8; 25, 26) gegeneinander gepresst werden, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Anpresseinrichtung (8; 25, 26) mit einer Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie betrieben wird, die zwischen einem Ruhezustand des Reibgetriebes und einem ersten Betriebszustand eine andere mittlere Steigung als zwischen dem ersten Betriebszustand und einem zweiten Betriebszustand hat.
- 10 2. Reibgetriebe mit wenigstens zwei Betriebszuständen, bei welchen wenigstens ein Eingangsglied (1) und wenigstens ein Ausgangsglied (2) mittels wenigstens einer Anpresseinrichtung mit einer in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand variierenden Anpresskraft gegeneinander gepresst werden, *dadurch gekennzeichnet, dass* die
15 Anpresseinrichtung (8; 25, 26) wenigstens zwei Anpresseinrichtungen (10, 11; 25, 26) umfasst.
3. Reibgetriebe nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet, dass* die beiden Anpresseinheiten (10, 11; 25, 26) unterschiedliche Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinien aufweisen.
- 20 4. Reibgetriebe nach Anspruch 2 oder 3, *dadurch gekennzeichnet, dass* die beiden Anpresseinheiten (10, 11; 25, 26) im ersten Betriebszustand jeweils einen ersten Beitrag zur Anpresskraft und im zweiten

Betriebszustand jeweils einen zweiten Beitrag zur Anpresskraft erbringen, wobei die Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der ersten Anpresseinrichtung von der Differenz zwischen ersten und zweiten Beitrag der zweiten Anpresseinrichtung abweicht.

- 5 5. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 2 bis 4, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die beiden Anpresseinheiten bezüglich der Betriebszustandsermittlung und/oder bezüglich der Anpresskraft parallel wirkend ausgebildet sind.
- 10 6. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 2 bis 5, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die beiden Anpresseinheiten (10, 11; 25, 26) bezüglich der Betriebszustandsermittlung und/oder bezüglich der Anpresskraft in Reihe wirkend ausgebildet sind.
- 15 7. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 2 bis 6, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** wenigstens eine Anpresseinheit (10, 11; 25, 26) eine Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie mit einer im Wesentlichen konstanten Steigung aufweist.
8. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 2 bis 7, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Anpresseinrichtung (8; 25, 26) wenigstens zwei miteinander gekoppelte Anpresseinheiten (10, 11; 25, 26) umfasst.
- 20 9. Reibgetriebe nach Anspruch 8, ***dadurch gekennzeichnet, dass*** die Kopplung mechanisch ausgebildet ist.

10. Reibgetriebe nach Anspruch 8 oder 9, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Kopplung hydrodynamisch oder hydrostatisch ausgebildet ist.
11. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 2 bis 10, *dadurch gekennzeichnet, dass* eine Anpresseinheit (26) eingangsseitig und eine Anpresseinheit (25) ausgangsseitig angeordnet ist.
12. Reibgetriebe mit wenigstens zwei Betriebszuständen, bei welchem wenigstens ein Eingangsglied (1) und wenigstens ein Ausgangsglied (2) mittels wenigstens einer Anpresseinrichtung (8; 25, 26) mit einer in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand variieren Anpresskraft gegeneinander gepresst werden, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Anpresseinrichtung eine Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie aufweist, die zwischen einem Ruhezustand des Reibgetriebes und einem ersten Betriebszustand eine andere mittlere Steigung als zwischen dem ersten Betriebszustand und einem zweiten Betriebszustand hat.
13. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, *dadurch gekennzeichnet, dass* der Betriebszustand proportional zum Ausgangs- und/oder zum Eingangsdruckmoment gewählt ist.
14. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, *dadurch gekennzeichnet, dass* der erste Betriebszustand das niedrigste unter Volllast erwartete Drehmoment ist.

15. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **durch gekennzeichnet, dass** der zweite Betriebszustand das höchste unter Volllast erwartete Drehmoment ist.
- 5 16. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei Anpresseinheiten (25, 26), deren jeweilige Anpresskraft durch verschiedene Betriebszustandsarten, wie beispielsweise Eingangsdrehmoment, Ausgangsdrehmoment, Gesamtlast, Kräfte oder ähnliches, variiert wird.
- 10 17. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **durch gekennzeichnet, dass** die Anpresseinrichtung (8; 25, 26) eine Drehmoment-Anpresskraft-Kennlinie aufweist, die bei einem verschwindendem Drehmoment eine Anpresskraft in der Nähe von 0 N, insbesondere unter 1 N, bedingt.
- 15 18. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **durch gekennzeichnet, dass** die Anpresseinrichtung (8; 25, 26) eine Drehmoment-Anpresskraft-Kennlinie aufweist, die bei Volllast zwischen einem niedrigsten, im Betrieb erwarteten Drehmoment und einem höchsten, im Betrieb erwarteten Drehmoment eine geringere mittlere Steigung aufweist als unterhalb des niedrigsten, im Betrieb erwarteten Drehmoments.
- 20

19. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 18, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Anpresseinrichtung (25, 26) eine lastabhängige Betriebszustand-Anpresskraft-Kennlinie aufweist.
20. Verfahren bzw. Reibgetriebe nach Anspruch 19, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Anpresskraft bei Lasten unterhalb der Vollast niedriger als die Anpresskraft unter Vollast ist.
- 5

Fig. 1

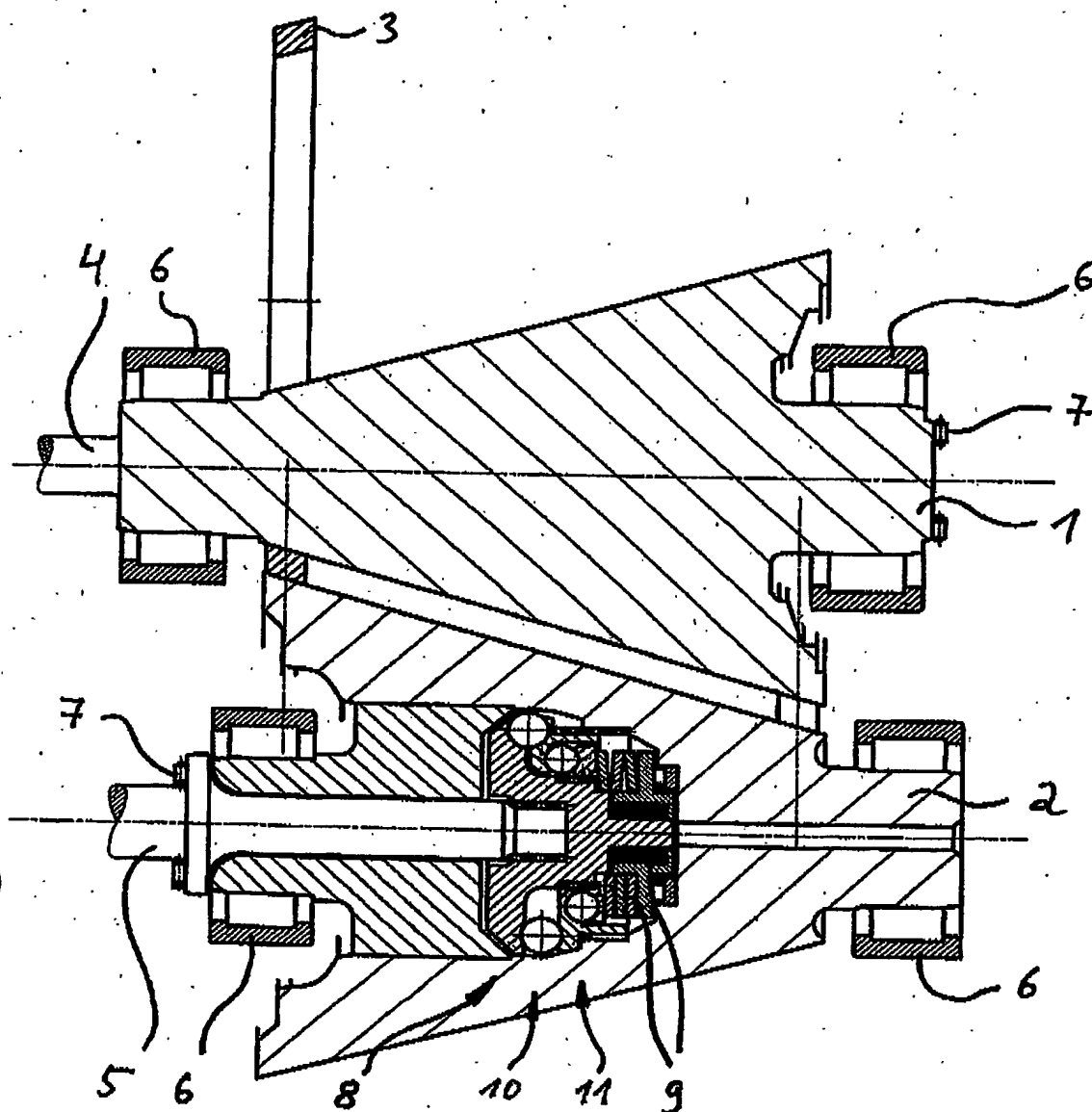
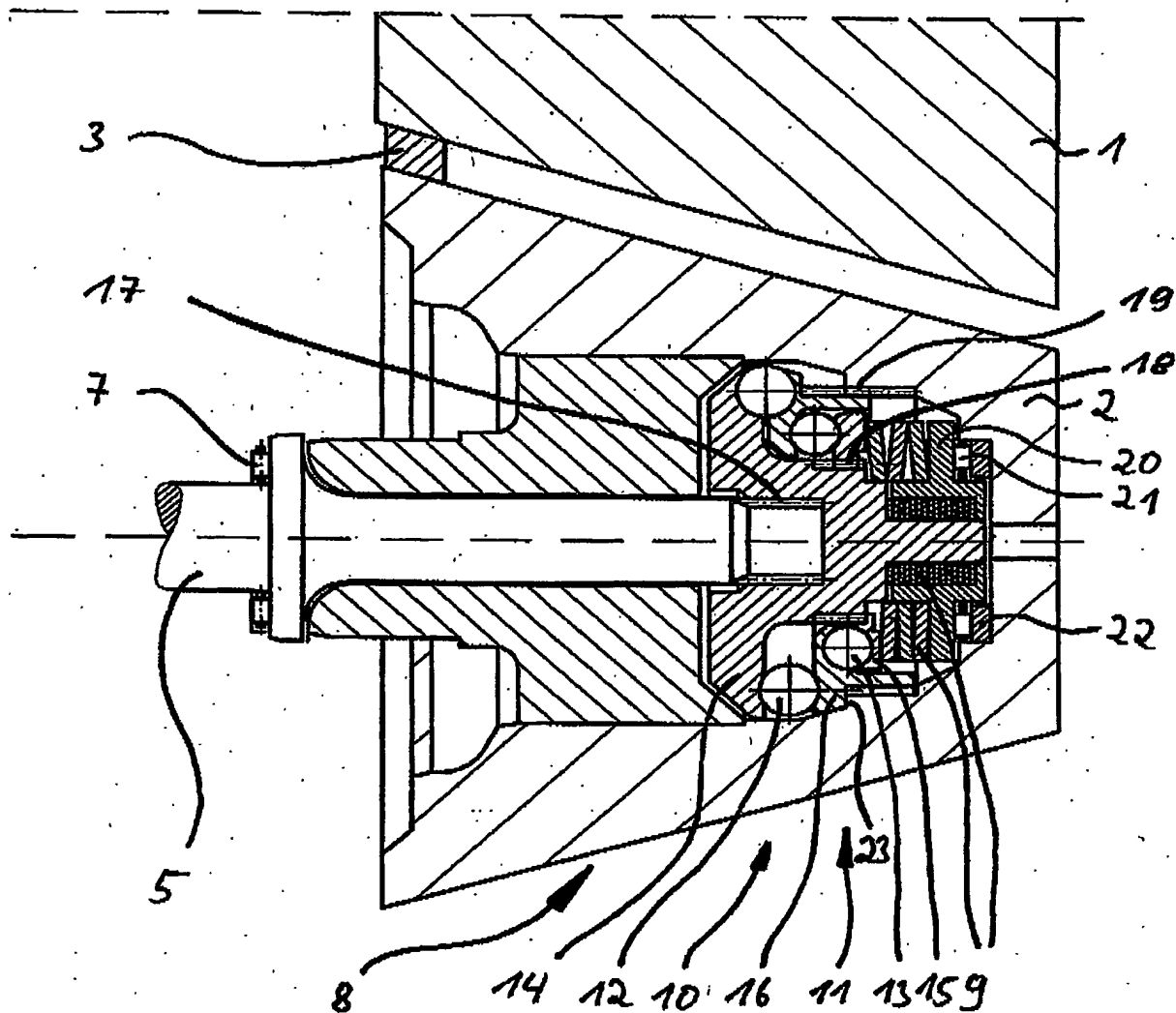


Fig. 2



Kennlinie innere Kugeleinheit

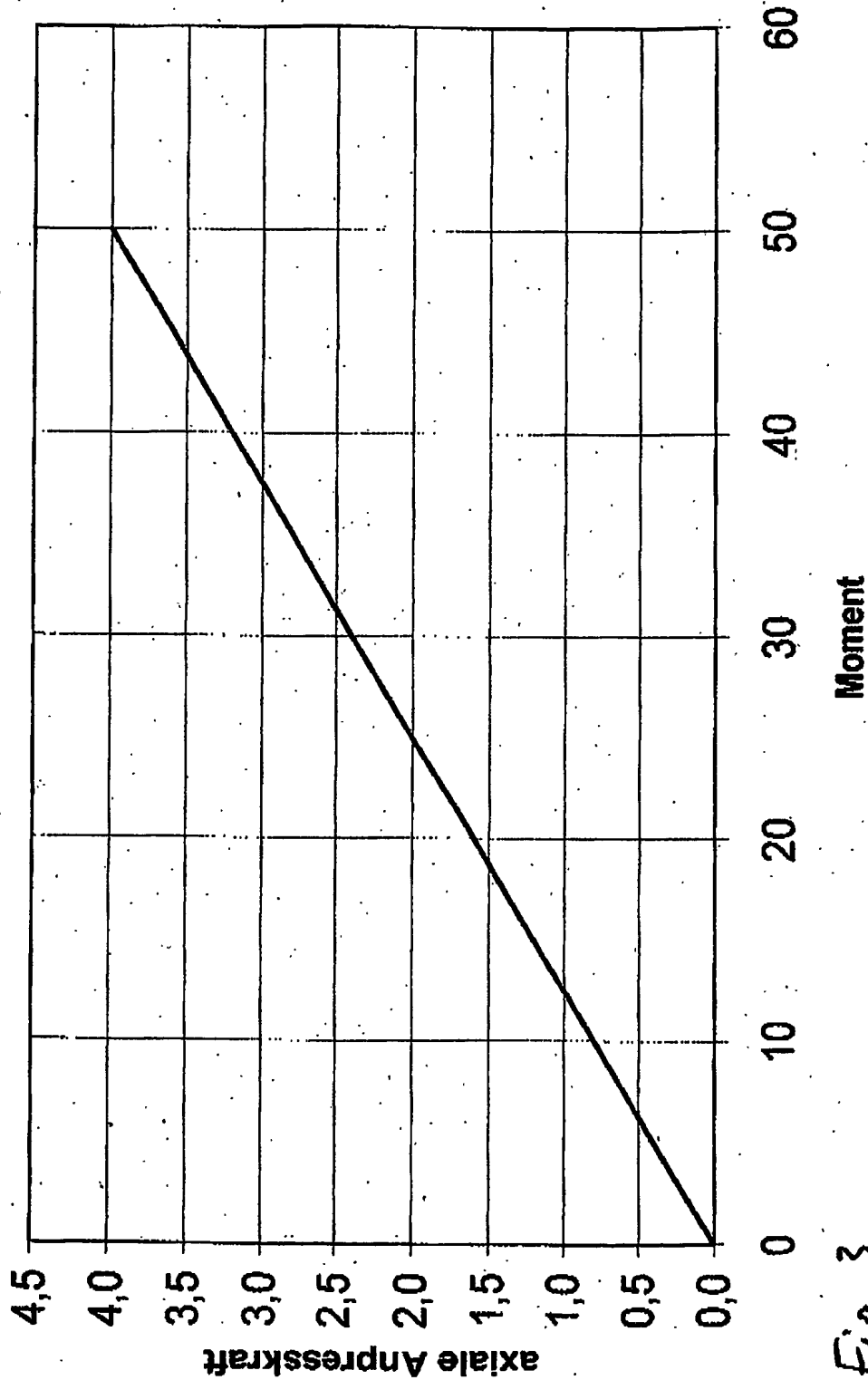


Fig. 3

Kennlinie äußere Kugeleinheit

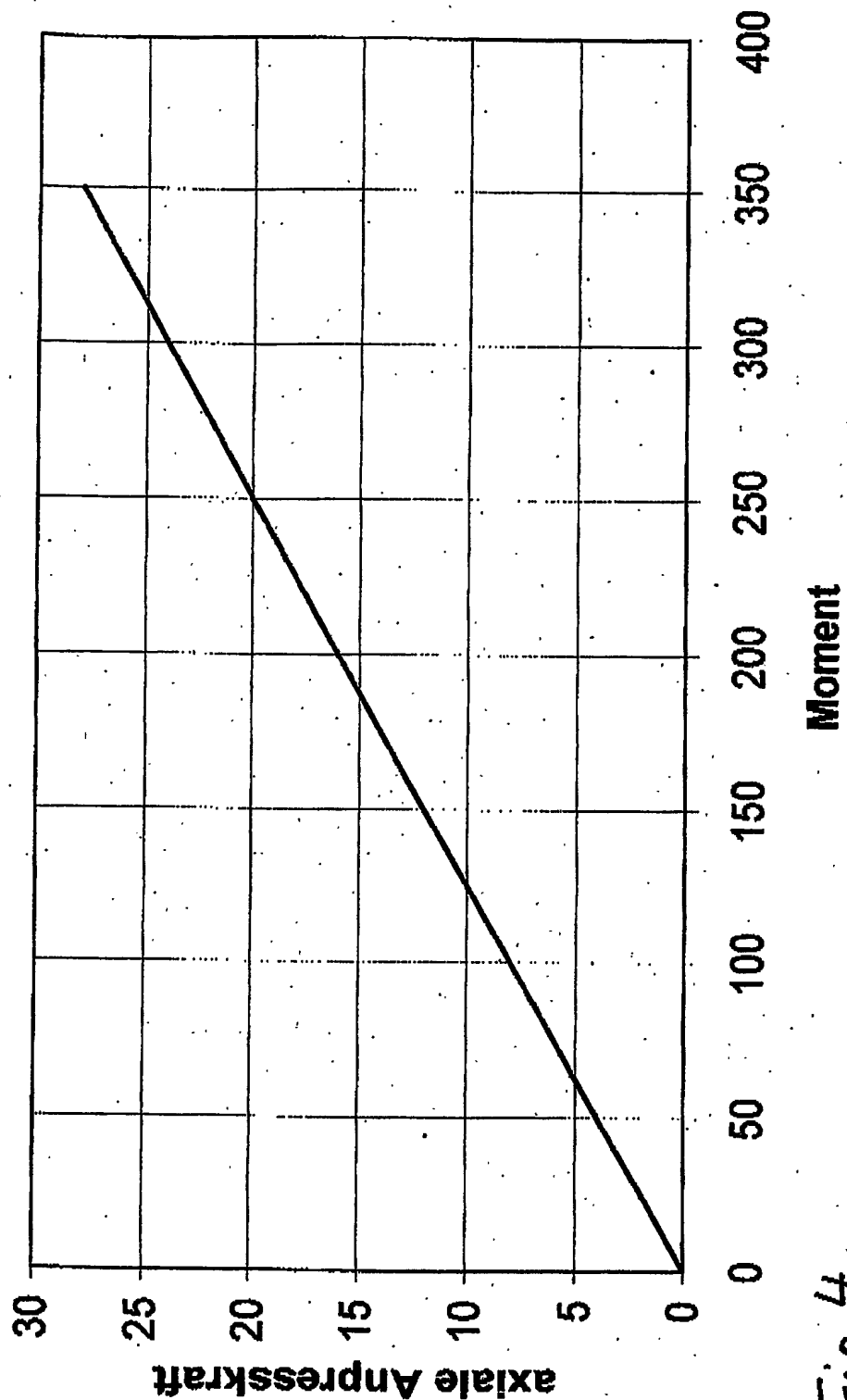


Fig. 4

Kennlinie gesamte Anpresseinheit

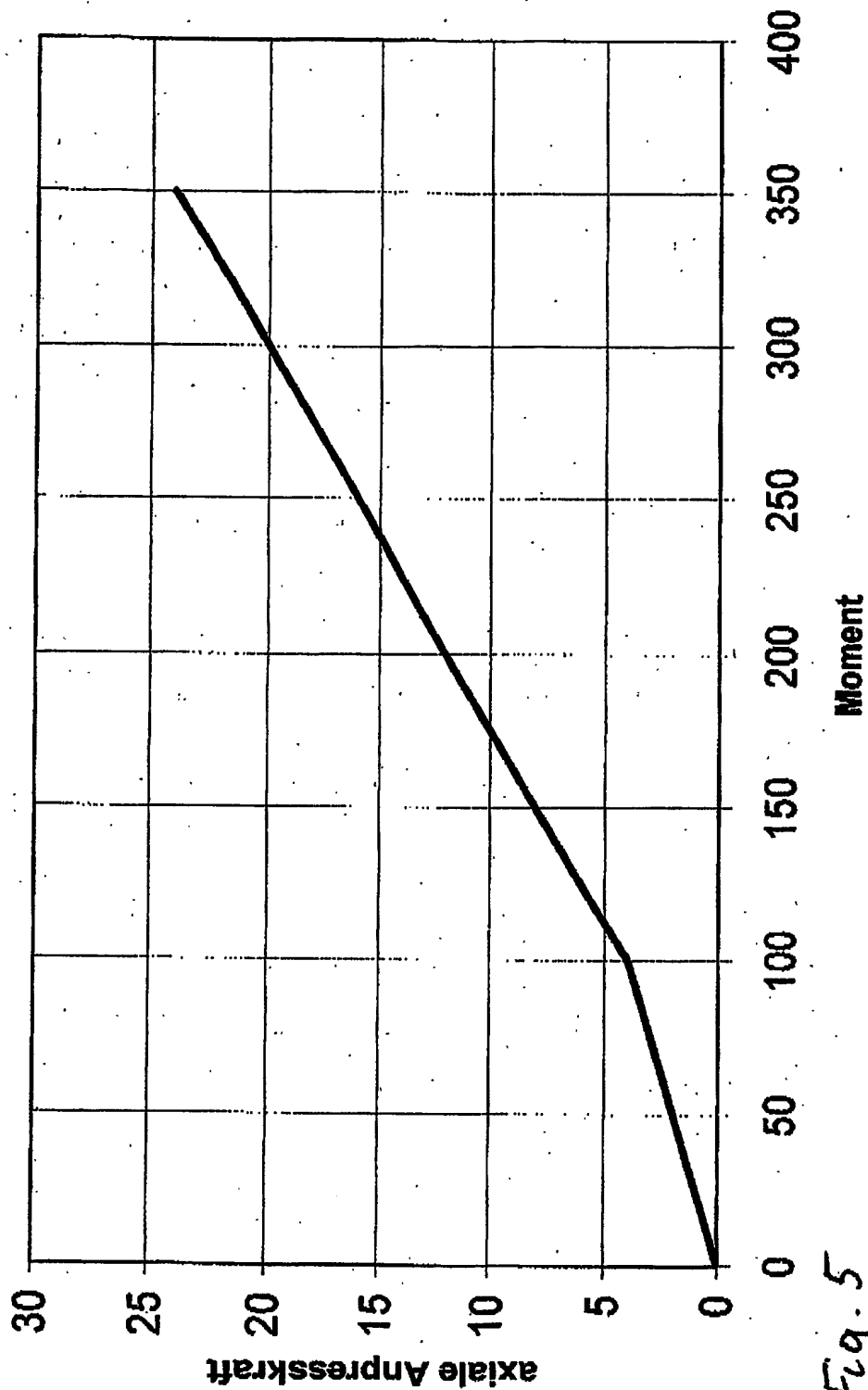
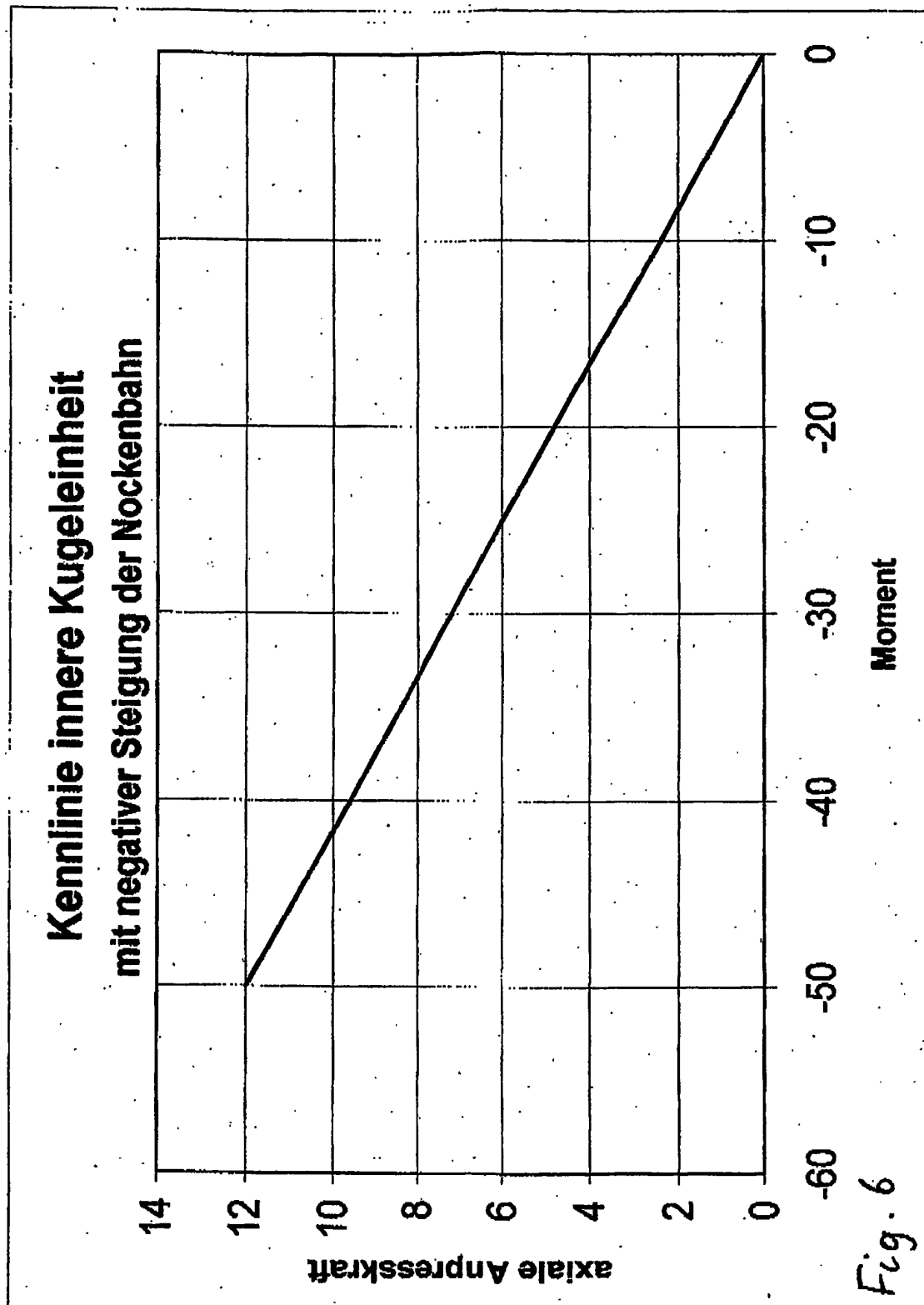
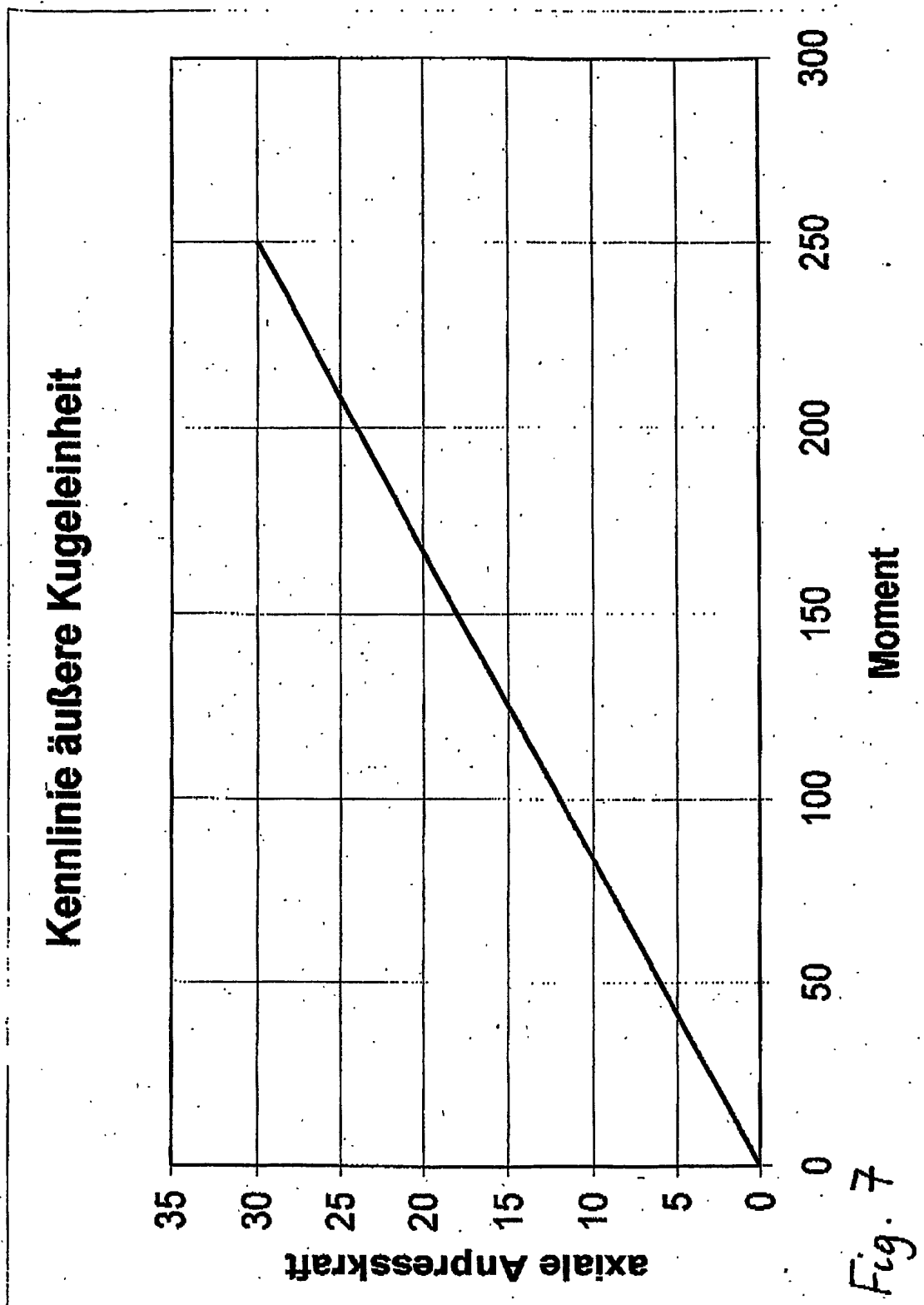


Fig. 5





Kennlinie gesamte Anpresseinheit

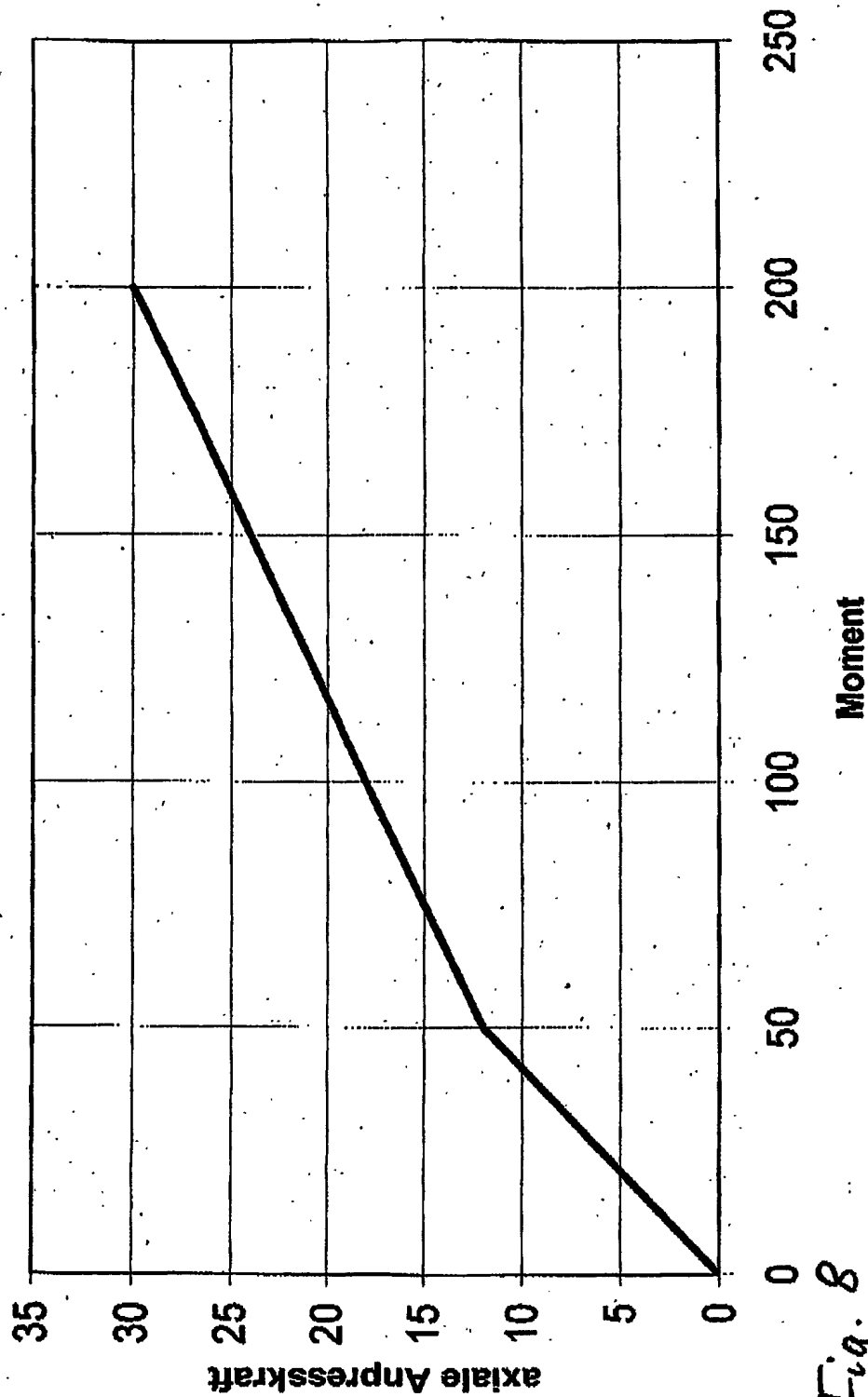


Fig. 8

Kennlinie Ausgangsanpresseinheit mit konstanter Steigung der Nockenbahn und Grundlastkraft

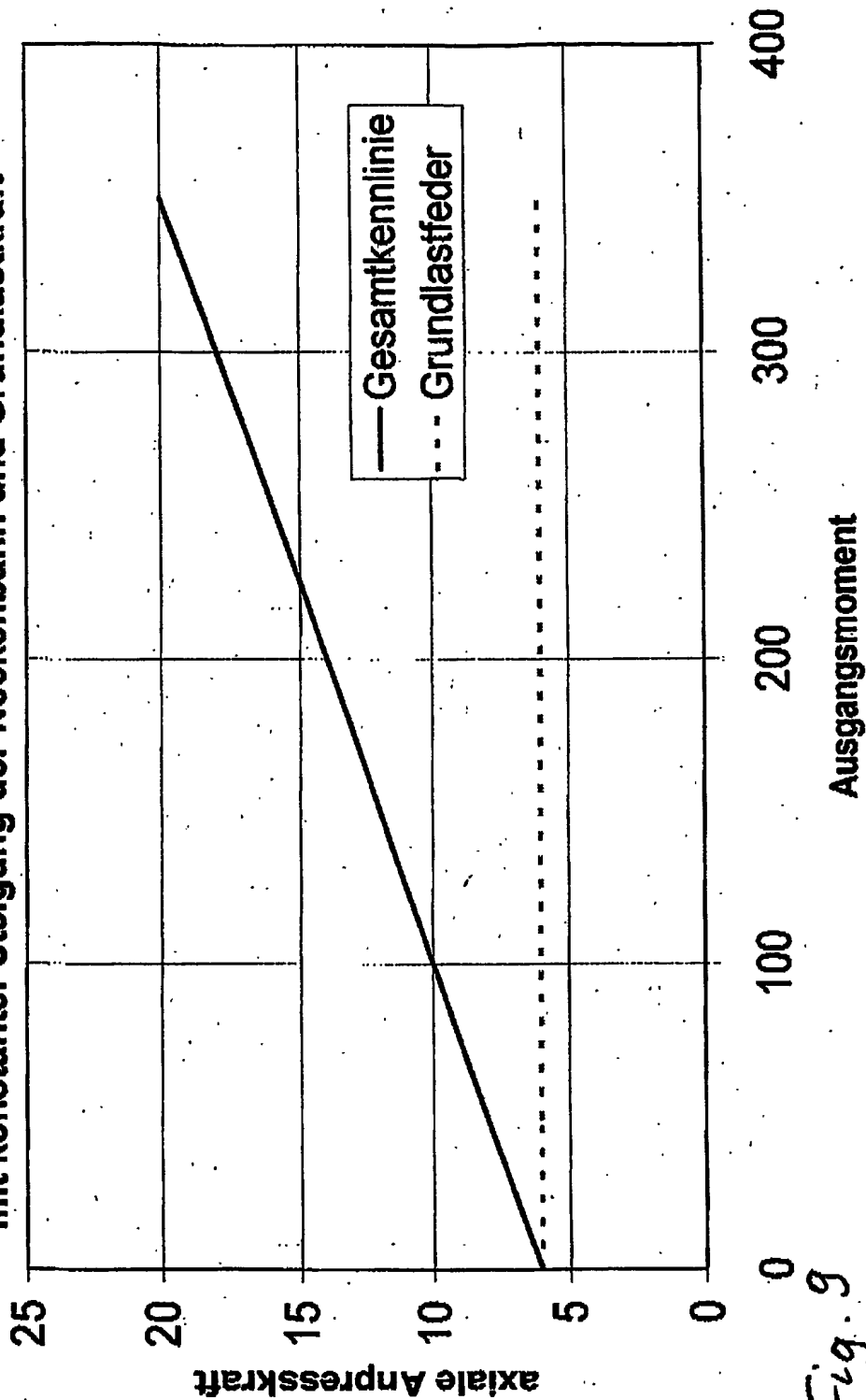


Fig. 9

Kennlinie Ausgangsanpresseinheit mit veränderlicher Steigung über definierten Hub der Nockenbahn

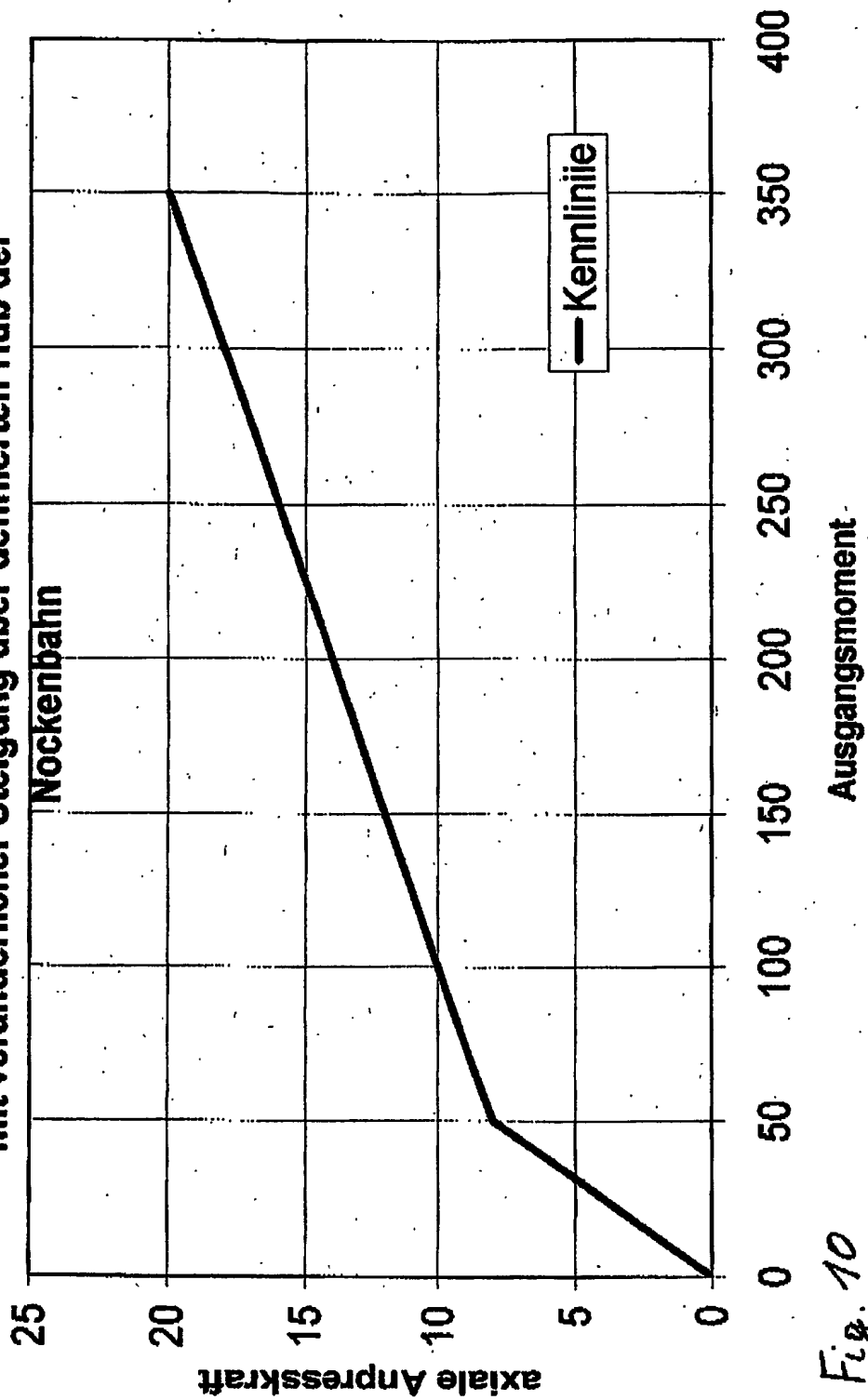


Fig. 10

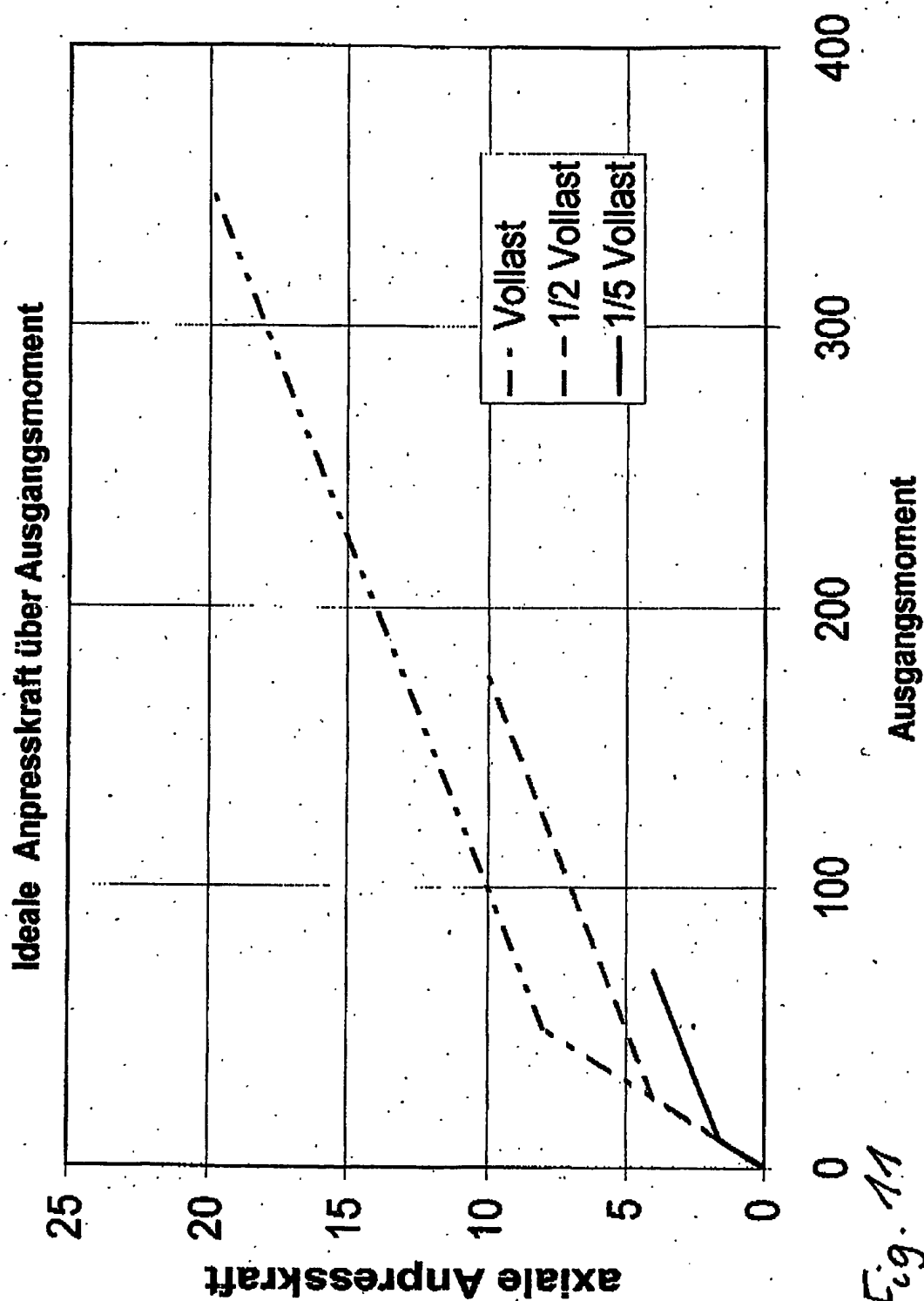
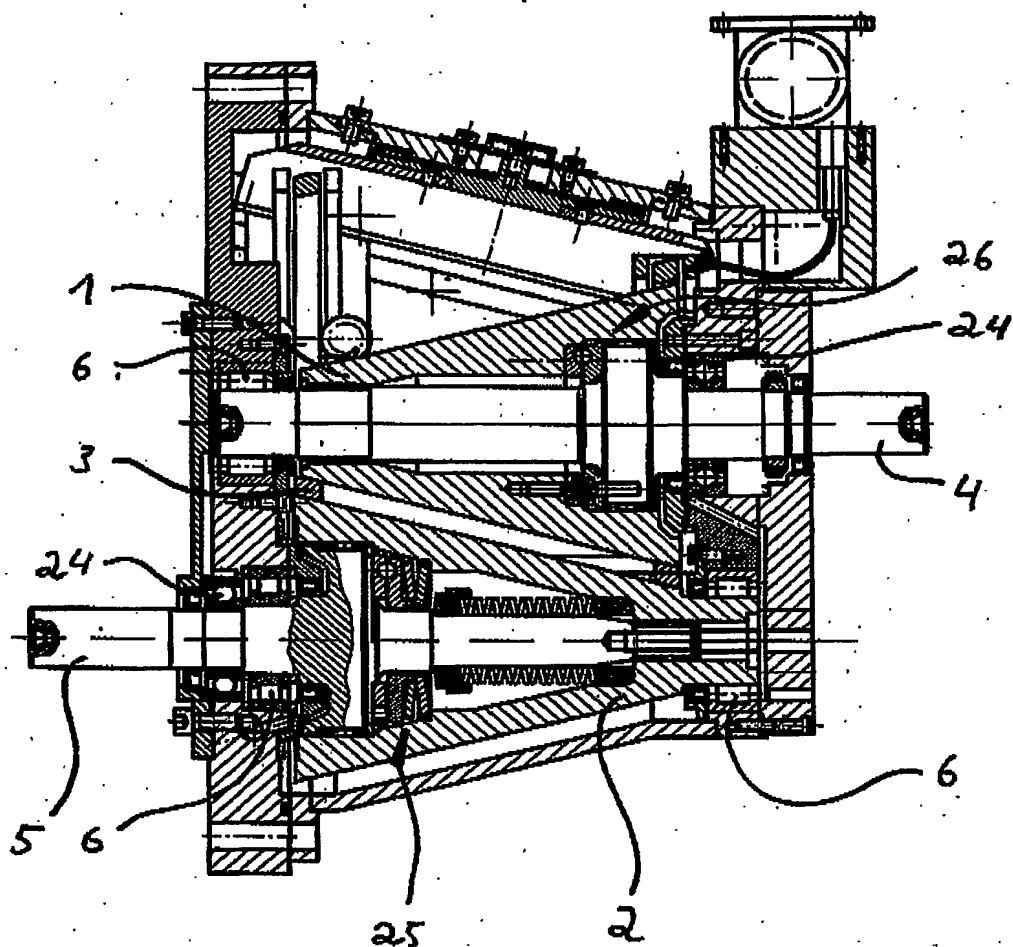


Fig. 11

Fig. 12



Kennlinie Eingangspressseinheit

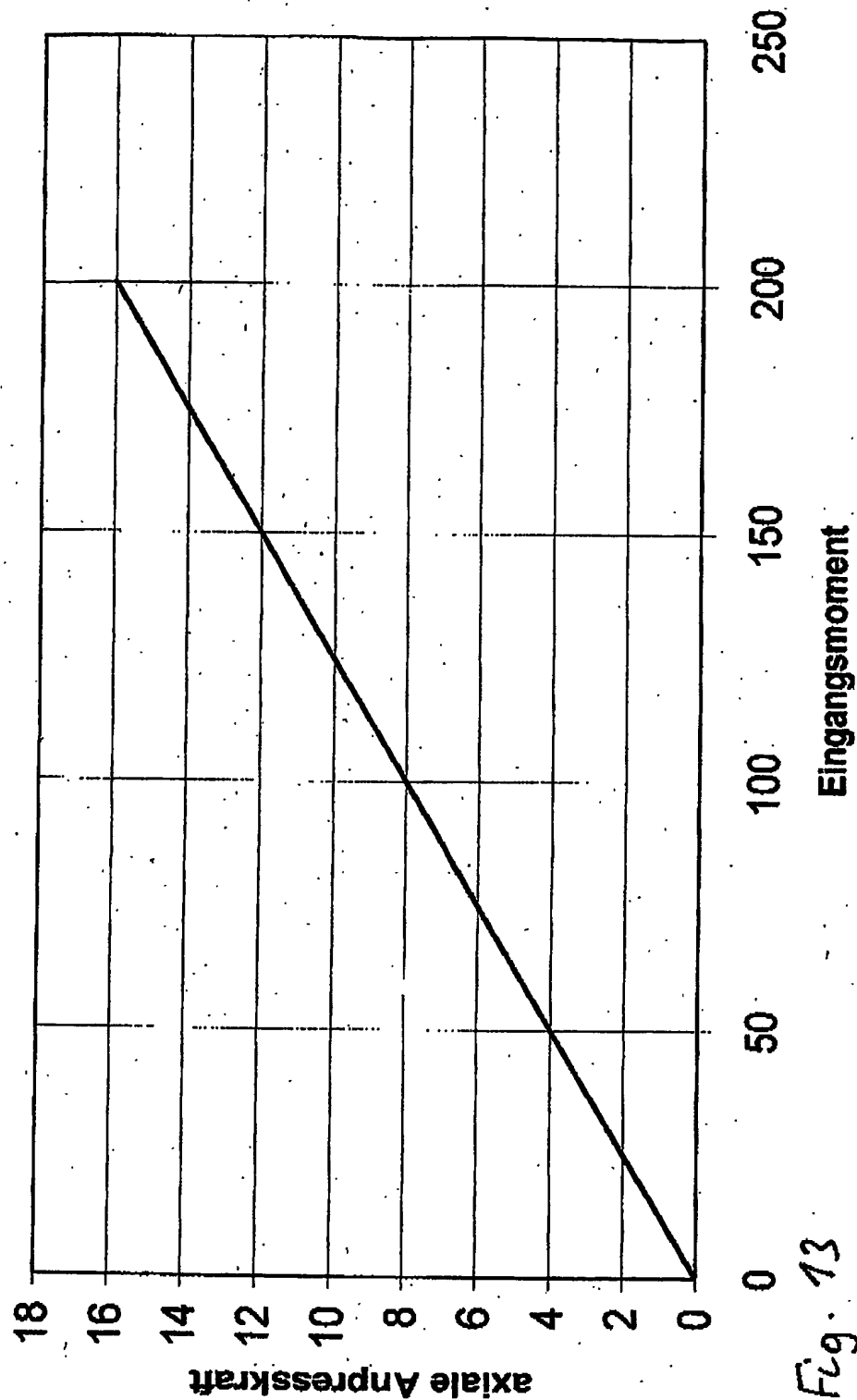


Fig. 13

Kennlinie Ausgangsanpresseinheit

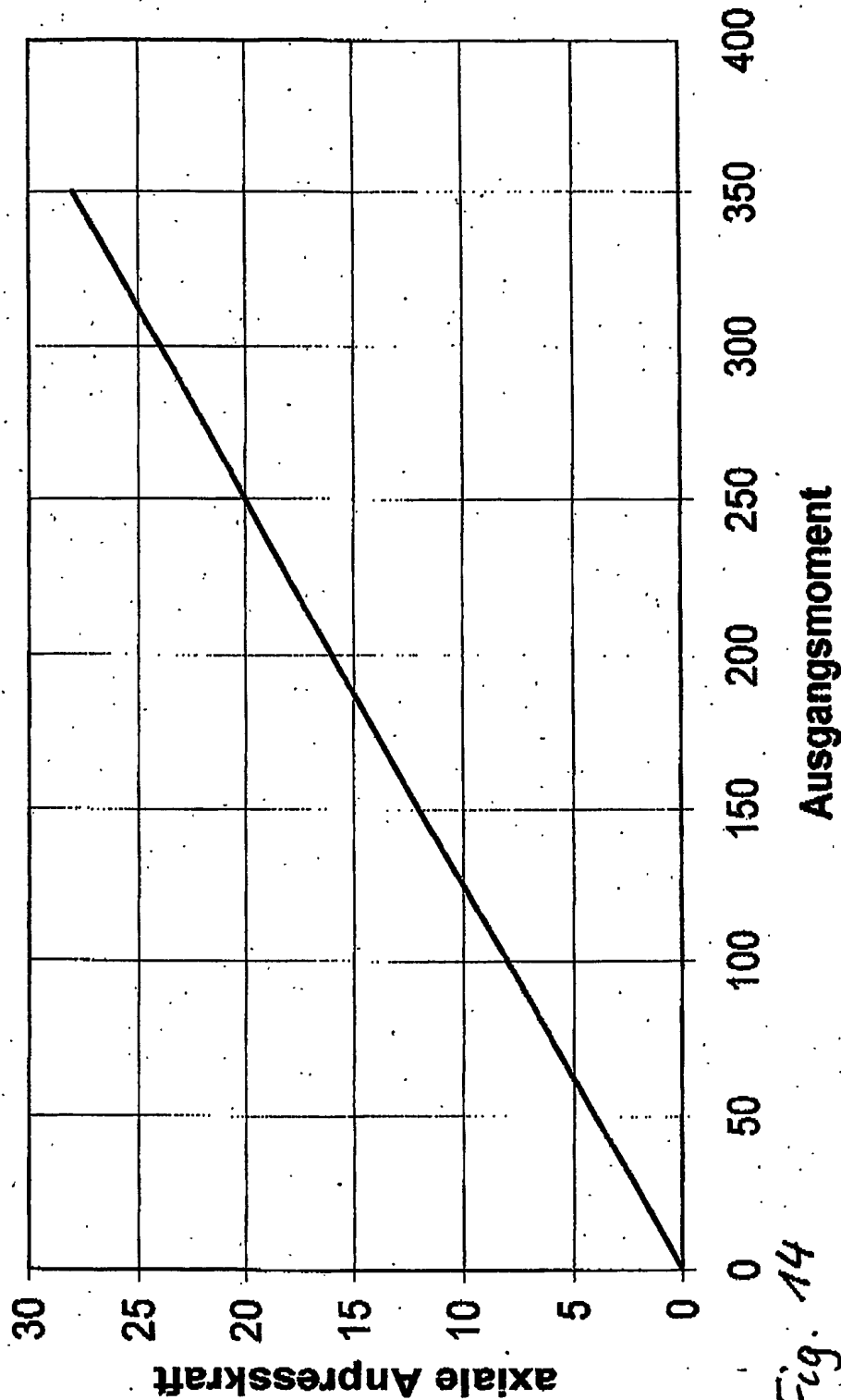


Fig. 14

Kennlinie gesamte Anpresseinheit

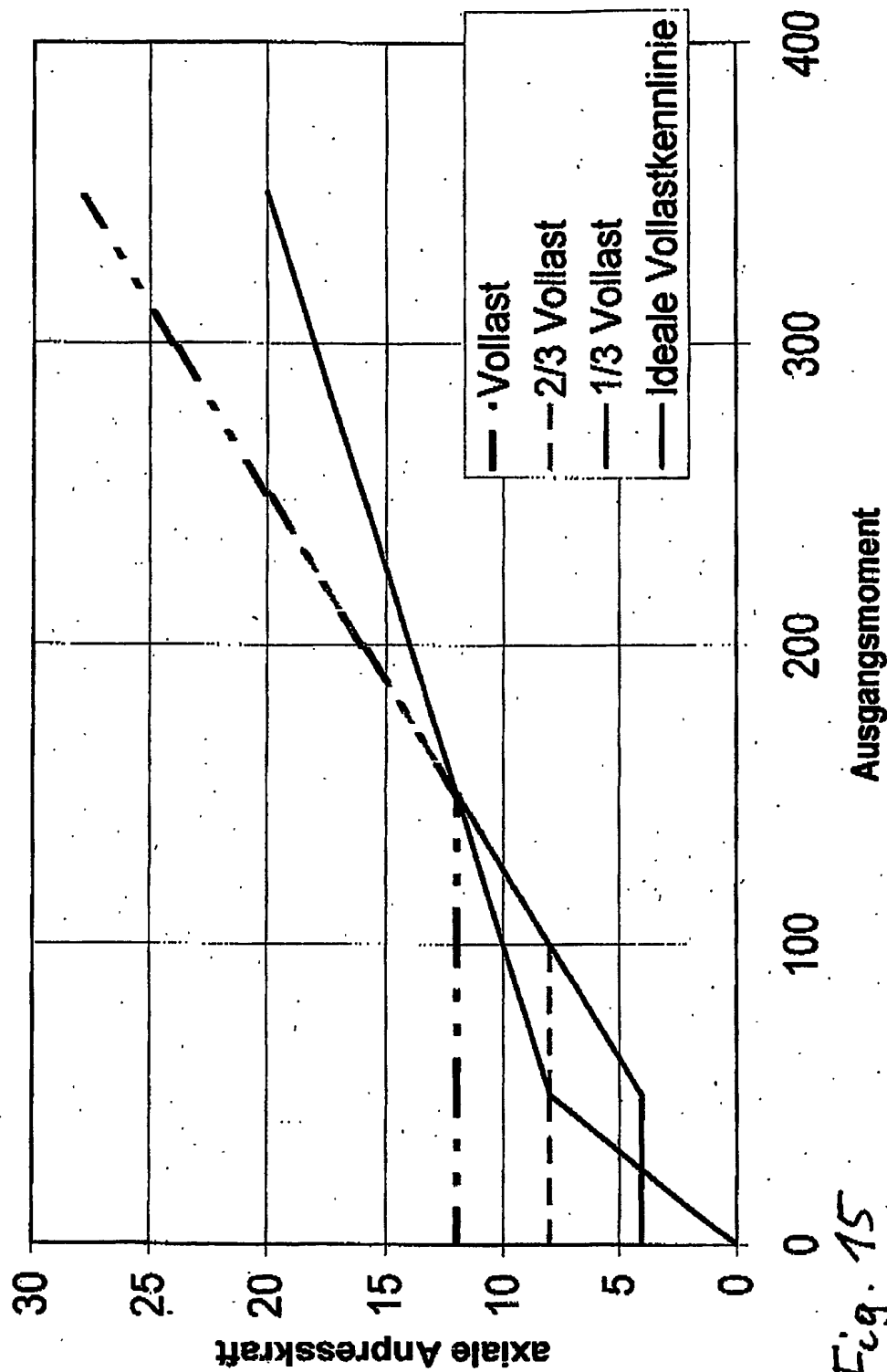


Fig. 15

Fig. 16

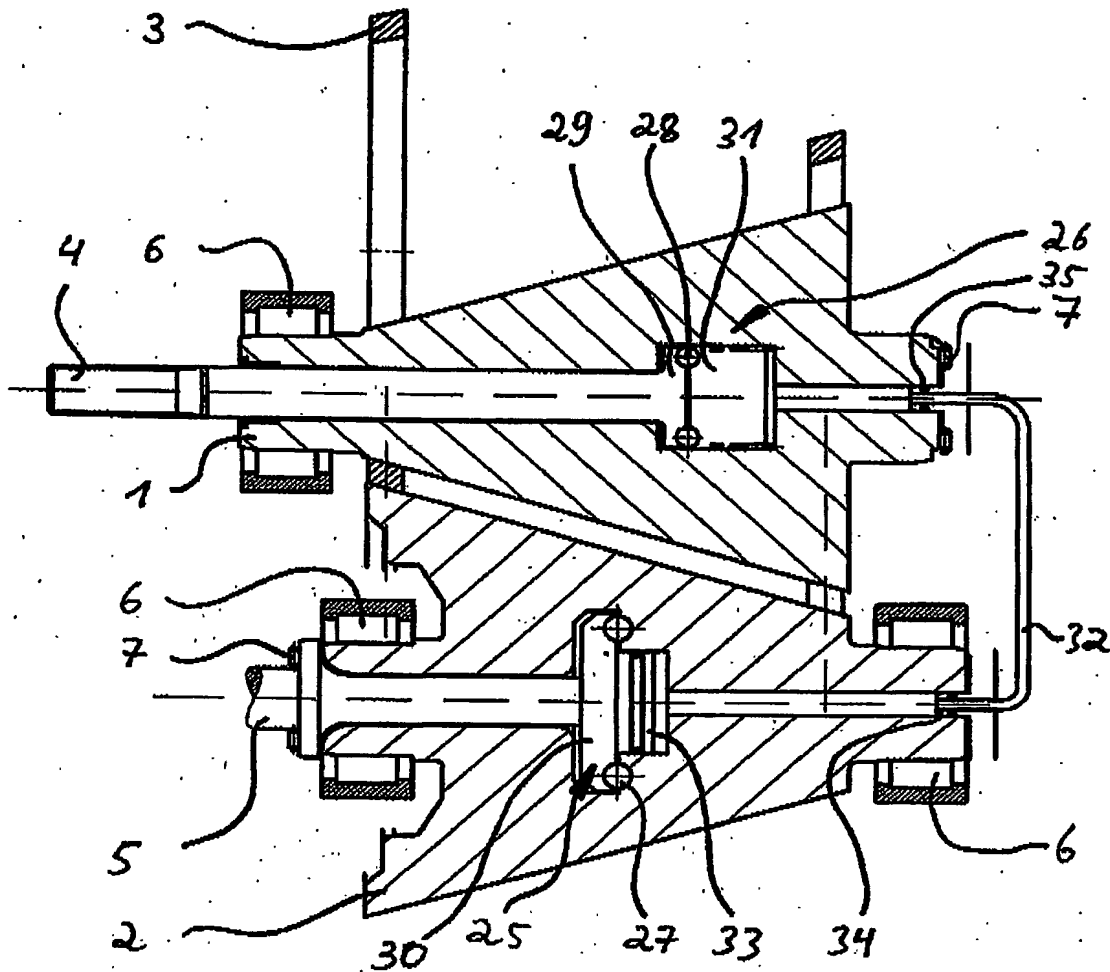
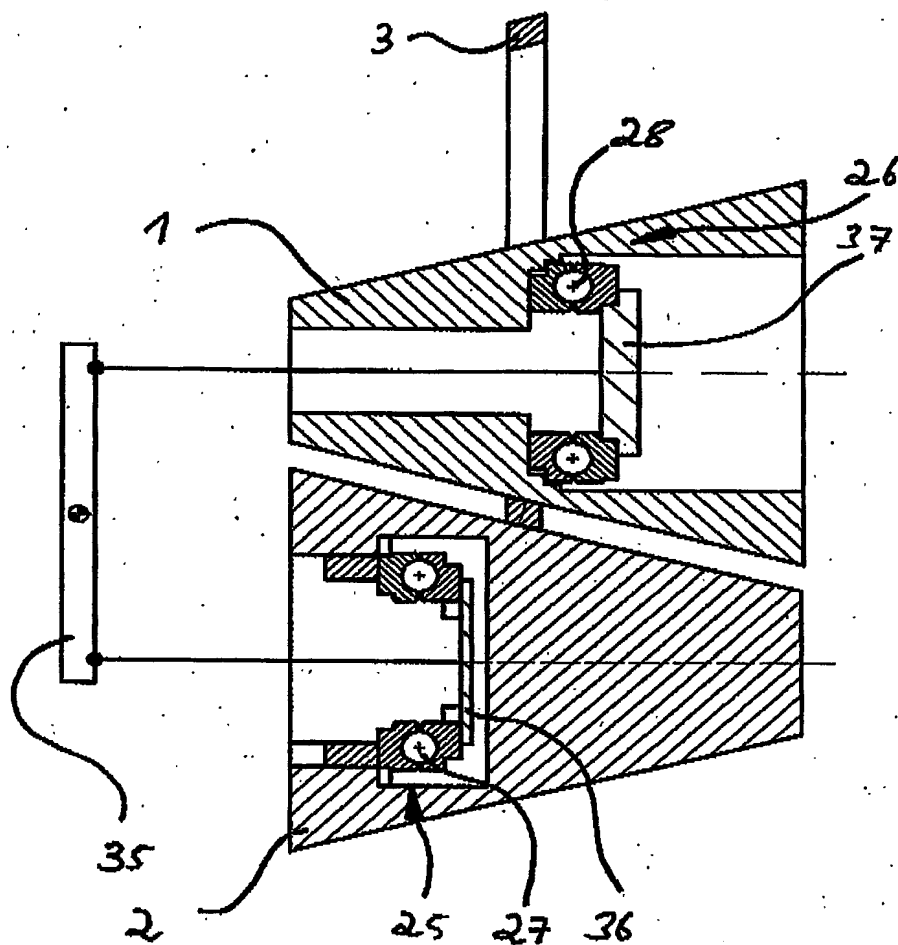


Fig. 17



Kennlinie Eingangspressseinheit

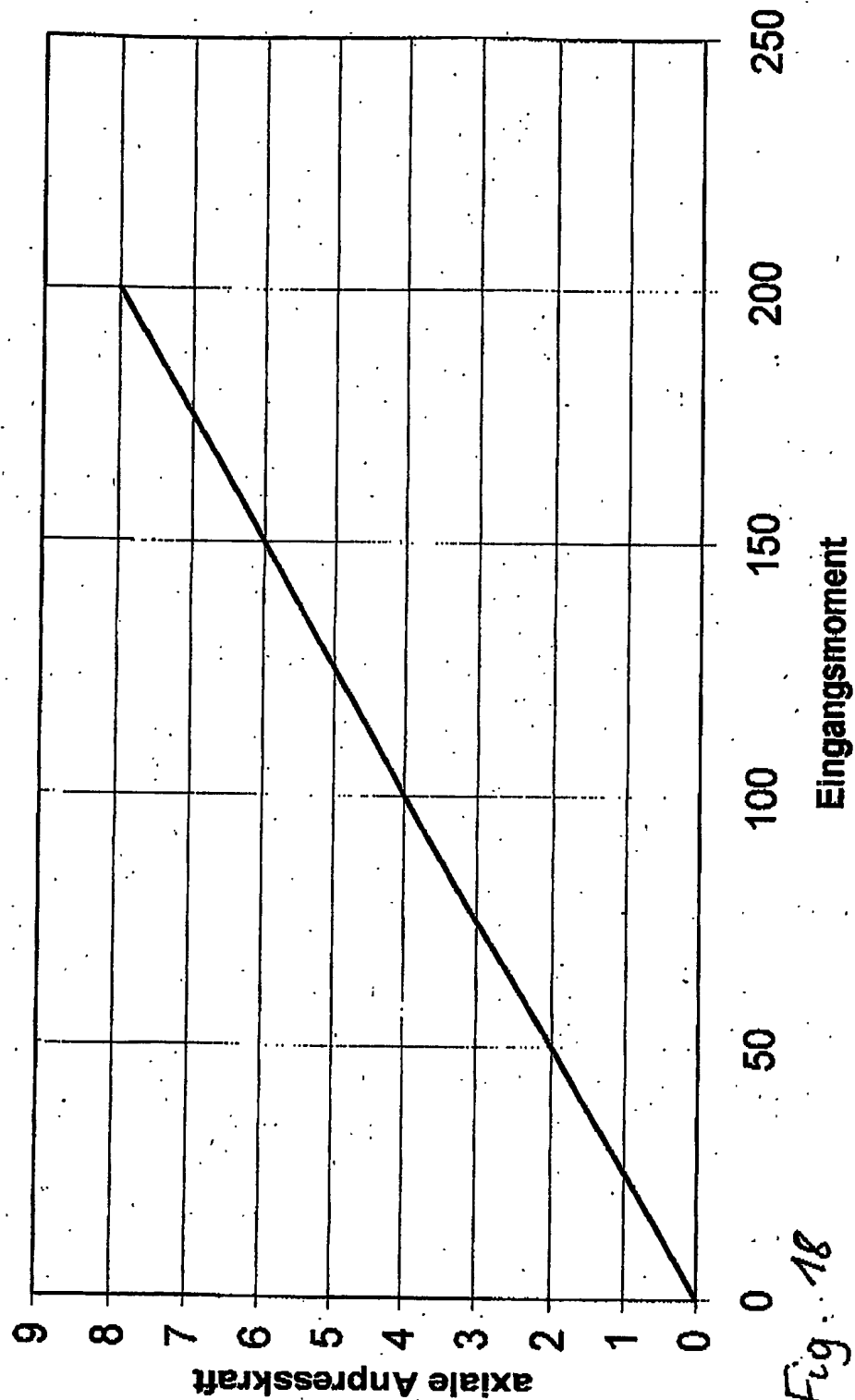


Fig. 18

Kennlinie Ausgangspressseinheit

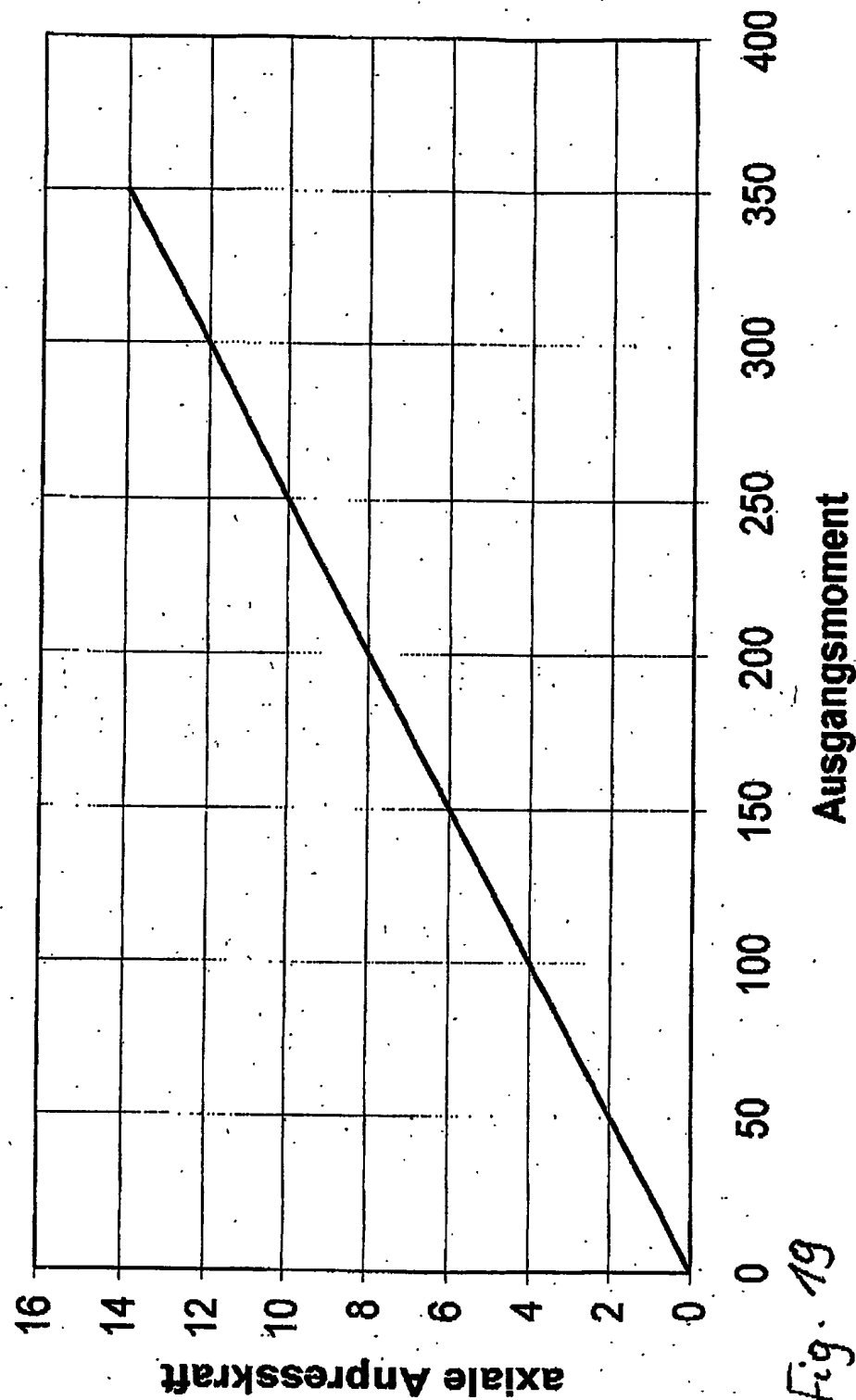
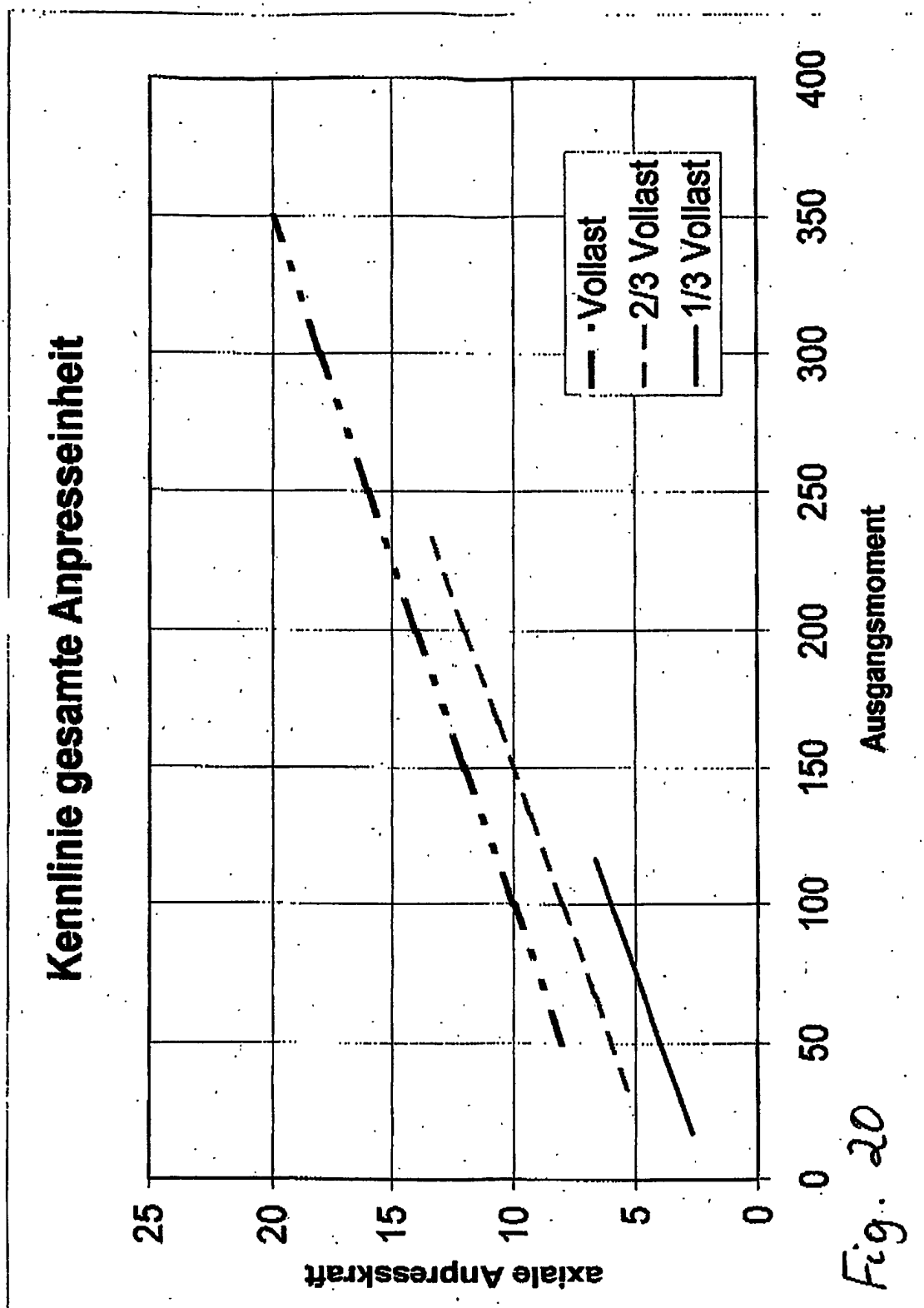


Fig. 19



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.